



ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 658.512; 672.3

ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ СЛОЖНЫХ ПОКОВОК ПО ТРЕБОВАНИЯМ IATF 16949

ВАЛИЕВА Е.Г., канд. техн. наук КАСЬЯНОВ С.В.

КамАЗ, Набережночелнинский институт (филиал) КФУ (ms_veg@mail.ru)

В содержание технологической подготовки производства добавлена разработка форм необходимых дополнений к существующему комплекту технологической документации. Для своевременного регулирования значений специальных характеристик разработана методика. Определена связь между параметрами, отражающими качество продукта и формирование ключевых контрольных характеристик переходов.

Ключевые слова: производственный процесс; поток технологий; технологическая документация; ключевые контрольные характеристики; риск-ориентированное мышление.

Valieva E.G., Kasyanov S.V.

INFORMATION AND TECHNOLOGICAL SUPPORT FOR MANAGING THE QUALITY OF COMPLEX FORGING ON IATF 16949 REQUIREMENTS

To the content of technological preparation of production (TPP) there was added the development of forms of necessary additions to the existing set of technological documentation. For the timely regulation of the values of special characteristics (SC), a methodology for the formation of key control characteristics (KCC) of transitions has been developed.

Keywords: manufacturing process; technology flow; technological documentation (process flow documentation/ process control documentation); key control characteristic; risk-based thinking.

Процесс формирования полного комплекса необходимых требований для управления качеством, а также их применения в ходе выпуска и поставок товарного продукта в работе [1] назван информационно-технологическим сопровождением качества (ИТСК). Термин "сопровождение" подчёркивает, что сегодня недостаточно лишь назначить требования. Важно на деле убедиться в их выполнении. Поэтому к стандартизованному комплексу технологической документации в ходе

технологического проектирования предложено добавить разработку ряда дополнительных документов для управления качеством, а также документирование данных мониторинга исполнения требований.

Цель работы — предупредить значимые потенциальные потери запланированного в APQP-проекте объёма прибыли путём организации управления технологическим процессом производства в соответствии с требованиями заказчика и IATF 16949—2016.

Общая схема отработки процессов формирования и применения управленческой информации представлена на рис. 1. На I—III этапах структуры APQP-проекта запланирована разработка требований. В первую очередь на основе анализа результатов уже выполненных поставок был уточнён, согласован с заказчиком и документирован комплекс требований к поставкам, в том числе перечень специальных характеристик. В него вошли ряд геометрических характеристик и свойств материала. Это — исходная информация для технологического проектирования.

Для облегчения работы специалистов по управлению качеством во множестве производственных операций в данном проекте предусмотрена документированная визуализация полного производственного цикла *потока технологических маршрутов* (ПТМ) поковки (рис. 2).

Каждый маршрут имеет графический символ, дано его содержание, указано подразделение, реализующее маршрут. Маршрут заканчивается операцией доставки продукта на первую производственную операцию следующего маршрута. Полуфабрикат поковки, полученный в каком-либо маршруте, является входом для последующего маршрута. Производственные маршруты каждая заготовка проходит индивидуально, а в транспортных она входит в состав перемещаемой партии. Естественно, наиболее значимыми маршрутами являются ГОШ

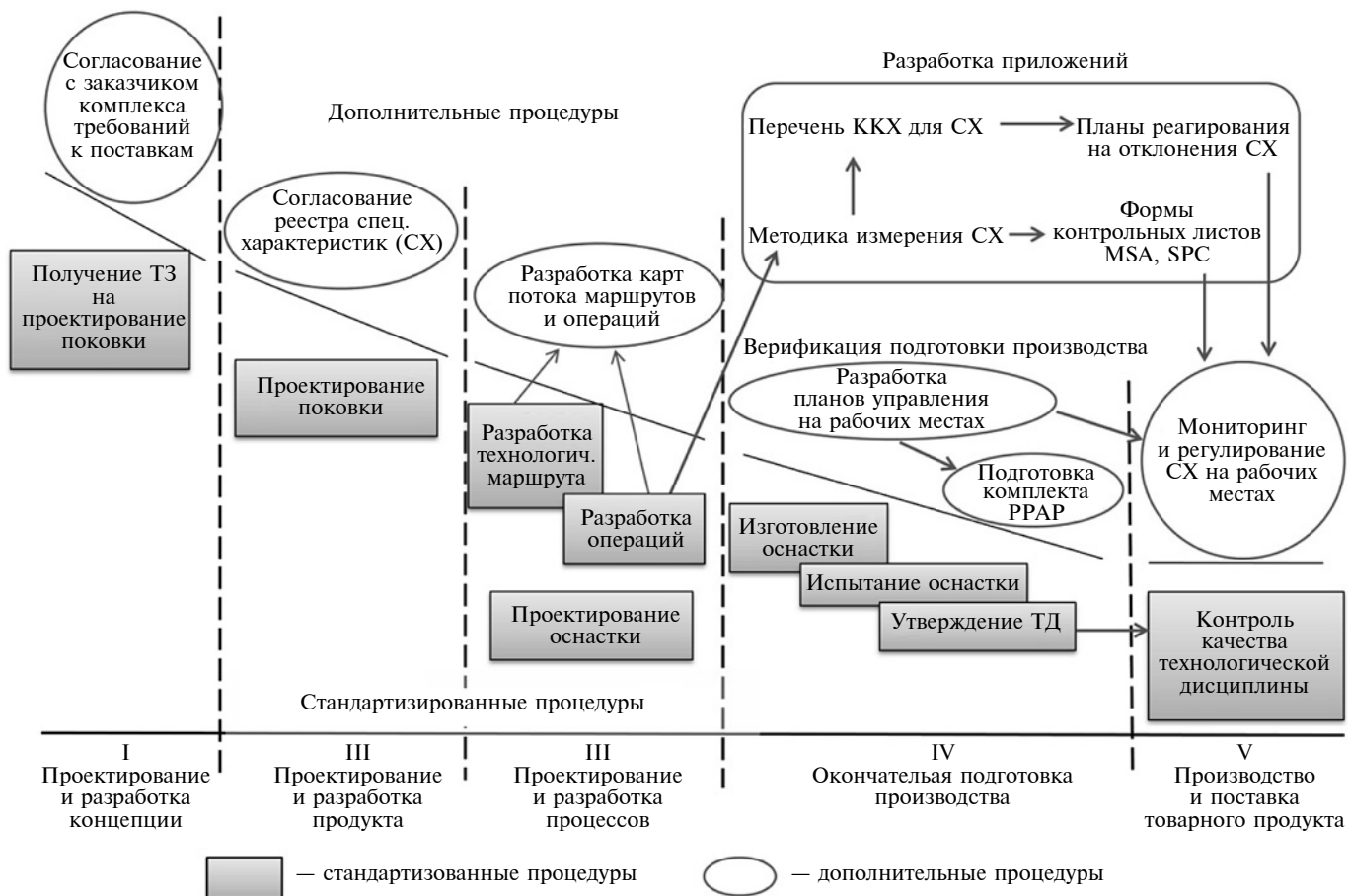


Рис. 1. Пример процедур по этапам проекта

(горячая объёмная штамповка) и балансировка поковки.

В результате вместо одной громоздкой стандартизированной маршру-

тно-технологической карты оформляется набор значительно более компактных и удобных для анализа маршрутных карт. Затем в рамках

каждого технологического маршрута формируется **карта потока операций**. В ней обозначается, в каких именно операциях формируется каждая специальная характеристика (СХ). Для каждой из этих операций целесообразно предусмотреть разработку **операционных технологических карт** и эскизов переходов, на которых должна быть обозначена каждая СХ. Необходимые требования IATF к управлению специальной характеристикой отражены в приложениях к операционной карте:

- **методика измерения;**
- **формы контрольных листов** для проведения процедур MSA и SPC;
- перечень **ключевых контрольных характеристик (ККХ)**, оказывающих значительное влияние на значение СХ в переходе, а также **план реагирования** на отклонения (фрагмент перечня ККХ и планов реагирования на отклонения СХ приведен в таблице).

Поскольку в операциях формообразования сложных поковок таких характеристик может быть до-



Рис. 2. Поток технологических маршрутов производства коленчатого вала на кузнечном производстве

Приложение № ___ к Операционной карте № ___							
		Оборудование: _____			Номер а/к: _____		
		_____			А/к: Поковка коленчатый вал		
№ ТП				Операция:	110	Штамповочная	
Разработал: _____		Согласовал: _____			СХ: диаметр коренных шеек $\varnothing 95^{+2,4}_{-1,0}$		
Группы ККХ					Допуск в СХ	План реагирования на отклонения	
№	Оснастка	Наладка	Режимы	Окр. среда		Дефект	Действие
1	—	Непараллельность ползуна и стола; (мониторинг)	—	—	—	$d_{к.ш} > 97,4$	Выверить параллельность ползуна и стола
2	—	Недостаточная жёсткость технической системы	—	—	—	$d_{к.ш} > 97,4$	Устранить зазоры в системе
3	—	Занижена конечная точка хода ползуна	—	—	—	$d_{к.ш} < 94$	Обеспечить оптимальный ход ползуна
4	—	—	Температура нагрева заготовки	—	—	$T_{заг} > 1280 \text{ } ^\circ\text{C}$	Откорректировать температуру нагрева
5	Смещение по поверхности разъёма штампа	—	—	—	max 1 мм	>1	Устранить путём подбора прокладок между вставками

статочного много, в [3/1] разработана форма для представления 4 групп ККХ: собственных характеристик оборудования и оснастки; параметров наладки; режимов в процессе формообразования; характеристик окружающей среды (при необходимости).

Данные таблицы являются основой для составления *карт наладки* и *рабочих инструкций* для операторов и наладчиков.

После завершения окончательной подготовки производства при выпуске опытной (установочной) партии предусматривается проведение и документирование результатов оценки приемлемости измерительных и контрольных процессов, а также оценка возможностей обеспечения специальных характеристик в операциях. По её результатам разрабатываются *планы управления СХ на рабочих местах*.

Карта потока процесса и *сводный план управления* согласно ГОСТ Р 51814.4—2004 для представления заказчику в составе комплекта РРАР, окончательно формируются после верификации подготовки производства и утверждения технической документации.

Таким образом, комплекс необходимых дополнительных требований и информация для управления значениями специальных характе-

ристик жёстко увязаны с содержанием базовой технической документации.

Выполненные разработки стали основой документированной процедуры управления качеством поковок на основе применения риск-ориентированного мышления. Она имеет традиционную структуру. Первые 3 раздела — общие положения. Результативные разделы выполнены в табличной форме, как и технологические документы.

Все виды работ сгруппированы по этапам (см. рис. 1). Например, I этап — это планирование и управление процессами. Здесь сформулированы содержание работ и указан текущий документ, исходя из которого формируется данная работа.

Результаты работ — документ, который подтверждает выполнение этой работы, и регистрация этого документа. И последнее — это одобрение результата, т.е. определение, кто будет оценивать результат.

Предложенный подход обеспечивает следующий ряд преимуществ: технологическая подготовка производства логически увязана с процессом мониторинга специальных характеристик; комплекс информации для управления формируется на основе технологических разработок и прослеживается от отдельных переходов до законченного потока операций в производстве; до-

кументы комплекта РРАР оформляются строго на основании содержания технической документации.

Результативность разработанных предложений невозможна без создания баз данных, которые ранее не требовались. Кроме того, для регулирования ККХ оборудования требуется организация диагностики. Напрашивается необходимость разработки технологических карт наладки с регистрацией ключевой контрольной характеристикой. Наконец, гораздо тщательнее приходится продумывать методики измерения.

Литература

1. Биктимирова Г.Ф. Информационно-технологическое сопровождение производства автокомпонентов мирового уровня качества / Г.Ф. Биктимирова // Сб. материалов Пятнадцатой Всероссийской научно-практической конференции "Управление качеством", 10—11 марта 2016 г. / ФГБОУ ВО "Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)". — М.: МАИ, 2016. — С. 111—114.
2. ГОСТ 3.1118—82 Единая система технологической документации (ЕСТД). Формы и правила оформления маршрутных карт. — Введён 1984-01-01. — М.: Стандартинформ, 2012. — 23 с.
3. ГОСТ 3.1121—84 Единая система технологической документации (ЕСТД). Общие требования к комплектности и оформлению комплектов документов на типовые и групповые технологические процессы (операции). — Введён 1986-01-01. — М.: Стандартинформ, 2012. — 46 с.

В дилерских центрах ГАЗа начались продажи грузовых автомобилей "Садко Некст" с увеличенной базой и двухрядной кабиной, а также низкопольного микроавтобуса "ГАЗель Сити".

У предлагаемых модификаций грузовых внедорожников нового поколения по сравнению со стандартной версией длина колёсной базы увеличена с 3770 до 4515 мм, а общая длина автомобиля — с 6530 до 7290 мм. Грузоподъёмность автомобиля (по шасси) составляет 2,77 т с двухрядной кабиной (мод. С42А43) и 2,95 т с однорядной (мод. С41А43). Заводское удлинение рамы обеспечивает высокую надёжность и прочность всей конструкции. Кабина грузопассажирской модификации рассчитана на семь мест. Уже в базовом исполнении предусмотрена возможность трансформации заднего ряда сидений в спальное место. Дополнительный ящик под сиденьями позволяет удобно разместить личные вещи водителя или, например, необходимый инструмент рабочей бригады.

Новые модификации существенно расширяют возможности по изготовлению различных вариантов специальной техники на базе "Садко Некст". Увеличение длины при сохранении грузоподъёмности позволяет размещать на грузовой платформе крупногабаритные специальные надстройки (краново-манипуляторные установки), подъёмники, ремонтное оборудование), при этом остаётся достаточно места и для перевозки груза. Среди наиболее популярных вариантов спецтехники: вахтовые автобусы, самосвалы, автомобили для ремонтных бригад, пожарные машины, автомобильные вышки и краны. Возможность применения коробки отбора мощности как на коробке передач, так и на раздаточной коробке позволяет одновременно устанавливать лебёдку и множество специальных надстроек.

Новое поколение семейства "Садко" полностью сохранило уникальные внедорожные возможности своих предшественников: хорошую геометрическую проходимость, высокий клиренс, гибкую на кручение раму, наличие понижающей передачи и блокировок дифференциалов переднего и заднего мостов, систему подкачки шин. Однако в отличие от них оснащено просторными и комфортабельными кабинами модулями "Некст", которые уже в базовой комплектации включают подвесное водительское сиденье с анатомической поддержкой.

Высокоэластичный дизель ЯМЗ-534 позволяет автомобилю двигаться с высо-

ким моментом на минимальной скорости. Мощность двигателя увеличена до 110 кВт (149 л.с.), крутящий момент — до 490 Нм. Предусмотрена возможность буксировки прицепа полной массой до 2,56 т. Усиленная рама из высокопрочной стали, новая карданная передача, колёса с модернизированными дисками и новыми шинами с увеличенной несущей способностью, мосты с новыми поворотными кулаками позволили увеличить грузоподъёмность автомобиля при сохранении высокой надёжности и прочности всей конструкции. Интегральное рулевое управление в сочетании с новой малолитровой передней подвеской придаёт автомобилю хорошую управляемость, плавность хода и устойчивость на дороге. Полностью пневматическая тормозная система обеспечивает эффективное торможение с небольшим усилием на педаль тормоза. Благодаря возможности подкачки воздуха от компрессора система сохраняет работоспособность даже при небольшой разгерметизации. Предусмотрен отбор воздуха для различных надстроек, подкачки шин и подключения тормозной системы прицепа.

Опционально автомобиль может быть укомплектован вторым топливным баком объёмом 95 л, лебедкой, наружным воздухозаборником, дополнительным отопителем и кондиционером. Подрессорное водительское сиденье (с регулировкой по весу), электростеклоподъёмники и электроподогрев зеркал входят в базовую комплектацию.



Отличительные особенности нового микроавтобуса "ГАЗель Сити" — низкий уровень пола, широкая двойная дверь с электроприводом и накопительная площадка для пассажиров в центральной части салона, пневматическая подвеска с функцией понижения высоты пола на остановках. Модель сконструирована в соответствии с требованиями программы "Доступная среда". Появление нового автобуса будет способствовать созданию дорожной инфраструктуры для людей с ограниченными возможностями передвижения, повысит мобильность людей с детскими колясками и в целом обеспечит высокий уровень комфорта для всех категорий пассажиров. В дополнение к "приседающей" на остановках подвеске предусмотрена откидная аппарель для въезда инвалидной или детской коляски в салон.

Автобус рассчитан на перевозку 22 пассажиров и имеет 17 сидячих (в том числе 3 откидных) и 5 стоячих мест. В салоне установлены удобные антивандалные сиденья с обивкой из легкомоющихся материалов, в окнах — термопоглощающие стекла. Опционально машина может комплектоваться электронной системой информирования пассажиров (информационное табло, рейсоуказатели, автоинформатор с двумя динамиками, звукоусиливающее устройство с микрофоном), дополнительным отопителем, а также блокируемым дифференциалом заднего моста. Место водителя отделено от пассажиров специальной перегородкой. При этом оно расположено так, что водитель легко может контролировать посадку и высадку пассажиров.

Конструктивные особенности "ГАЗель Сити": оригинальная усиленная рама с понижением в центральной части, задний мост увеличенной грузоподъёмности, эффективная тормозная система с дисковыми тормозными механизмами на всех четырёх колёсах. Кузов автомобиля представляет собой мощный силовой каркас из стальных труб, облицованный панелями из алюминиевых композитных материалов и стеклопластика. Применение пневматической подвески позволило улучшить управляемость, снизить крены в поворотах и увеличить плавность хода.

Компактные размеры (длина автобуса — 6620 мм, ширина — 2200 мм) позволяют легко маневрировать на узких городских улицах или в плотном транспортном потоке. Минимальный радиус поворота составляет всего 6,9 м. Оригинальные стилевые решения передней

части микроавтобуса (капот и бамперная группа) делают автомобиль заметным и легко узнаваемым в городской среде. Новые светодиодные фары с повышенной светоотдачей обеспечивают высокий уровень освещённости в ночное время, при дождливой погоде и в тумане.



Объём производства автомобилей "Урал" в первом полугодии 2020 г. составил 3 744 ед., что на 300 шт. больше, чем за аналогичный период прошлого года. Предприятие также показало рост реализации, которая составила 3378 машин (+500 ед.). В планах предприятия во втором полугодии — производство и реализация ещё свыше 4 тыс. автомобилей.

Необходимо отметить, что в первой половине текущего года предприятие столкнулось с непростыми макроэкономическими условиями: это падение спроса на продукцию в нише коммерческого рынка, обусловленное кризисной ситуацией, вызванной коронавирусом; отмена в связи с пандемией ряда экспортных контрактов, финансовые средства государства-партнёров были направлены на борьбу с заболеванием. Тем не менее автозавод "Урал" показал успешное выполнение производственных и экономических показателей, что стало возможным благодаря эффективной работе всего коллектива предприятия. Также к существенным успехам работы первого полугодия можно отнести дополнительное привлечение крупных поставщиков материалов и комплектов для выполнения государственного заказа и оформление льготного кредита с государственным субсидированием процентной ставки.

Объём инвестиций в рамках обновления модельного ряда и реализации

перспективных производственных проектов в первом полугодии составил чуть менее 1,5 млрд рублей. Всего на предприятии реализуется свыше 70 различных инвестиционных проектов. Среди программ по обновлению и модернизации продуктовой линейки — разработка и освоение перспективного модельного ряда собственных ведущих мостов и передних осей автомобилей "Урал". В первом полугодии 2020 года уже осуществляется реализация первого этапа данной программы — разработка конструкторской документации для ряда сегментов автомобилей. Выполняется проект по созданию семейства тяжёлых дорожных машин дорожной гаммы бескапотной компоновки полной массой 26 и 33 т. В его рамках собран опытный образец с новым дизайном кабины, старт производства намечен на конец текущего года. Реализуется очередной этап по созданию грузовиков для государственных заказчиков.



Кроме того, автозавод "Урал" реализует целый ряд проектов, направленных на обновление, улучшение производства и модернизацию производства и действующего оборудования. К ним можно отнести развитие технологии изготовления рам, в текущем году будет начата поставка современного оборудования по пробивке лонжеронов рам автомобилей "Урал". С 2019 г. успешно реализуется программа по повышению эффективности системы освещения в цехах и производствах автозавода. Уже с октября 2020 г. энергоэффективное освещение будет внедрено в корпусах агрегатном, прессовом и многих других производствах. Ещё одно важное производственное направление — в литейном производстве: модернизация действующей автоматической формовочной линии GF ("Georg Fischer"). В 2020 г. будет разработана модернизация системы управления и произведён поузловой монтаж системы управления без останковки линии. Успешно реализуются IT-проекты "Инфраструктура 1С", "Внедрение PDM", "Внедрение системы CRM для автоматизации продаж". Открыто финансирование 45 прочих инфраструктурных направлений на сумму более 200 млн руб.

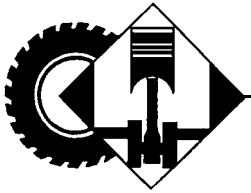
В текущем году предприятие подтвердило соответствие своей Системы менеджмента качества действующим стандартам: международному ISO 9001:2015 и национальному ГОСТ Р ИСО 9001:2015.

На заводе двигателей ПАО "КамАЗ" введён в промышленную эксплуатацию беспилотный робот-тягач. Получивший в заводском обиходе имя *Регина*, робот работает по двум кольцевым маршрутам с останковками на рабочих позициях: из цеха отгрузки покупных комплектующих доставляет детали на конвейер сборки двигателей V8 и на конвейер сборки двигателей Р6. На каждый конвейер доставляется по два бигбокса. За рабочий час робот выполняет один полный круг. В планах сотрудников Логистического центра — проложить третий маршрут для перевозки коробки передач из совместного предприятия "ЦФ Кама" на линию стыковки Р6.

Отметим, что это уже второй камазовский тягач-беспилотник. Первый работает на автомобильном заводе, совершая рейсы с центрального склада на межконвейерную зону. Система обработки груза у робота Регины такая же, как у "коллеги": на складе порожний бигбокс устанавливается во вкатную тележку, в него собирается продукция. Эта тележка с бигбоксом без применения погрузчика закатывается в прицепной элемент. Робот по заложенной программе приезжает в определённую точку, где рабочий посредством педали скатывает гружённый бигбокс на свою рабочую позицию. Затем закатывает обратно такой же пустой бигбокс и даёт роботу команду вернуться с порожней тарой на склад.

Работает тягач на электрической тяге, что позволило снизить лишний шум и загазованность в корпусе. Заряда хватает на полную смену. На подзарядку беспилотник встаёт ночью. Обработку информации дистанционного зондирования беспилотнику обеспечивают лидары и видеокамеры, благодаря которым он перемещается по заводу, ориентируясь на имеющуюся дорожную разметку. В августе, в период корпоративного отпуска, планируется сделать отдельную линию движения с нанесением маркировки и установкой навигационных знаков, оповещающих о том, что по этой траектории движется беспилотное транспортное средство.

Внедрение автоматизированной системы позволило сделать более ровным график поставки комплектующих на рабочие позиции, избежать простоев линии. Кроме того, использование беспилотных транспортных средств помогает исключить нарушения правил движения напольного транспорта.



УДК 621.436

ЭКСПРЕСС-МЕТОД РАСЧЕТА УСКОРЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОБЩЕГО УРАВНЕНИЯ ДИНАМИКИ

Д-р техн. наук **ЛЕБЕДЕВ А.Е.**, **ЛЕБЕДЕВ Д.В.**,
СИБРИНА Т.М., канд. техн. наук **ИРОДОВ В.В.**
Ярославский ГТУ (dzemitory@yandex.ru)

Рассматривается методика оценки ускорения автомобиля с использованием общего уравнения динамики. Показан вывод уравнения для движения и разгона автомобиля. Приведены расчётные зависимости.

Ключевые слова: автомобиль, транспортное средство, общее уравнение динамики, ускорение, момент сил, инерция.

Lebedev E.A., Lebedev D.V., Sibrina T.M., Irodov V.V. EXPRESS METHOD FOR CALCULATING VEHICLE ACCELERATION USING THE GENERAL DYNAMICS EQUATION

The article deals with the method of estimating the acceleration of a car using the general dynamics equation. The output of the equation for driving and acceleration of the car is shown. Shows the calculated based on.

Keywords: car, vehicle, general equation of dynamics, acceleration, moment of forces, inertia.

Теоретический экспресс-расчёт динамики автомобиля с механической коробкой передач достаточно часто используется как в учебных целях, так и при проверочных расчётах. В рамках анализа обычно проводится определение тяговых, мощностных характеристик; делается вывод о характеристиках разгона и топливной экономичности. При этом в классическом представлении тягово-динамического расчёта опускается объяснение кажущегося несоответствия: на первой передаче, несмотря на максимальную силу тяги на ведущих колёсах, ускорения могут быть меньше, чем, например, на второй. Особенно характерно такое проявление на многоступенчатых (6 и более передач) механических коробках (рис. 1). Такое явление можно объяснить потерями энергии на "раскрутку" самого двигателя, которые в классической теории автомобиля отражает коэффициент учёта вращающихся масс.

Однако для сравнительного анализа динамических характеристик автомобилей, а также для быстрого подбора оптимальных передаточных отношений для оптимальных характеристик разгона можно воспользоваться общим уравнением динамики. Описывая в рамках этого выражения движение автомобиля, мы учитываем взаимосвязь моментов сил и вращающихся деталей с передаточным отношением КПП, что делает его более показательным. Так, при движении автомобиля движущая сила формируется крутящим моментом двигателя — M_e , передаваемым через трансмиссию на ведущие колёса. При использовании общего

уравнения динамики приведём систему в условное равновесие. Для этого добавим к каждому её элементу "силы инерции".

Модуль момента сил инерции, связанных с маховиком деталей, обозначим формулой 1 (в таблице). Момент сил инерции ведущих колёс и связанных с ними элементов трансмиссии обозначим формулой 2. Инерционной нагрузкой остальных вращающихся элементов в предлагаемом экспресс-расчёте можно пренебречь, учитывая вместо неё модуль равнодействующей сил инерции, рассмотренной относительно движущихся масс, определяется формулой 3.

Далее следует составить уравнение перемещения автомобиля, используя общее уравнение динамики. Таким образом, может быть описана виртуальная система движения автомобиля. В данном случае авторы статьи не учитывают сопротивления внешних сил, однако они могут быть учтены, например, в моменте сил инерции колёс. Уравнение будет иметь вид 4.

С учётом вышеописанных зависимостей для инерционных моментов действительно уравнение 5, которое после сокращений можно привести к виду 6. Аналитическое выражение для оценки ускорения автомобиля после подстановки $\varepsilon_e = au_{kr}/r$ будет иметь вид 7. Анализируя данную зависимость, можно сделать вывод, что зависимость ускорения от u_{kpp} имеет экстремум. Авторы статьи приводят расчёт данной зависимости, произведённый в системе символьных вычислений "wxMaxima".

На рис. 2 показан вид функции $a = a(u_{kpp})$ для автомобиля со следующими характеристиками: $r = 0,6$ м, $u_0 = 6$, $J_m = 1$ кг·м², $J_k = 100$ кг·м², $M_e = 500$ н·м,

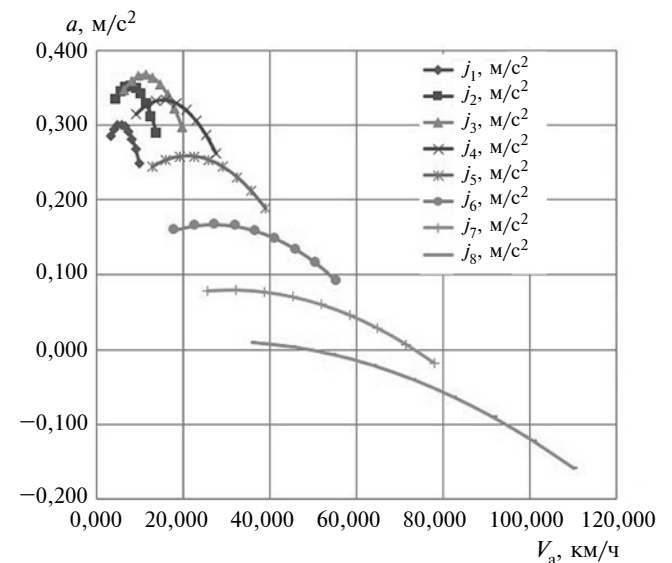


Рис. 1. Значения ускорений автомобиля на передачах

№	Формула	Примечания
1	$M_e^H = J_M \varepsilon_e$	ε_e — угловое ускорение коленчатого вала двигателя; J_M — осевой момент инерции маховика и связанных с ним вращающихся элементов
2	$M_K^H = J_K \varepsilon_K$	ε_K — угловое ускорение ведущих колёс; J_K — осевой момент ведущих колёс и связанных с ними вращающихся валов и шестерён
3	$R^H = ma$	m — масса автомобиля; a — его ускорение
4	$M_B^H \delta\phi_B - M_M^H \delta\phi_B - M_K^H \delta\phi_K - R^H \delta_r = 0$	$\delta\phi_B, \delta\phi_K, \delta_r$ — виртуальные перемещения: угловые коленчатого вала и ведущих колёс, линейное автомобиля
5	$M_B \delta\phi_B - J_M \varepsilon_B \delta\phi_B - J_K \varepsilon_B \delta\phi_B / u_{tr}^2 - m \varepsilon_B r^2 \delta\phi_B / u_{tr}^2 = 0$	$u_{tr} = u_o u_{kpp}$ — передаточное число трансмиссии; u_o и u_{kpp} — передаточные числа главной передачи и коробки передач; r — радиус качения колеса
6	$M_e^H = \varepsilon_e (J_M + J_K / u_{tr}^2 + mr / u_{tr}^2)$	—
7	$a = \frac{M_e r}{u_{tr} (J_M + J_K / (u_{tr} u_{kpp})^2 + mr / (u_{tr} u_{kpp})^2)}$	—

$m = 10$ т. Для данных значений параметров ускорение имеет максимальное значение при $u_{kpp} = 22$, что имеет место на низших передачах некоторых автомобилей. Дальнейшее повышение передаточного числа u_{kpp} приводит к уменьшению значений ускорения, за счёт квадратичного роста моментов сил инерции и инерционных потерь.

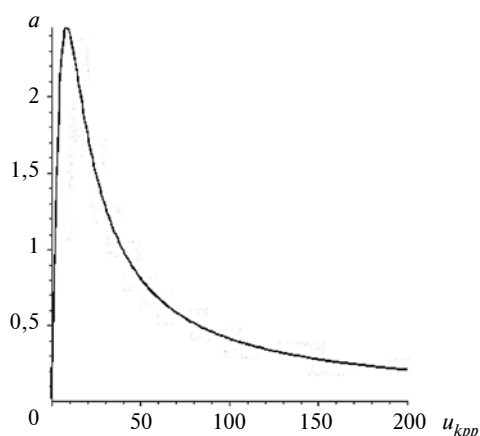


Рис. 2. Расчётная зависимость $a = a(u_{kpp})$

Стоит отметить, что, используя данное уравнение, можно дать рекомендации по оптимальному выбору передачи для наиболее быстрого разгона автомобиля, ориентируясь, например, на известные передаточные числа или же расчётные (в случае теоретического подбора). Более того, когда речь идёт о теоретическом расчёте, можно осуществлять корректировку расчётного значения, например, первой передачи, опираясь на предложенную авторами характеристику ускорений. Корректировку следует проводить, ориентируясь на условие, при котором будет отсутствовать проскальзывание колёс по дорожному покрытию. Также представленные в статье зависимости для расчёта ускорения позволяют определить его значения при различных величинах крутящего момента двигателя M_e и выполнить экспресс-оценку динамичности транспортного средства.

Литература

1. Литвинов А.С. Автомобиль: Теория эксплуатационных свойств / А.С. Литвинов. — М.: Машиностроение, 1989. — 240 с. ISBN 5-217-00099-6.
2. Бутенин Н.В. Введение в аналитическую механику / Н.В. Бутенин. — М.: Наука, 1971.
3. Система компьютерной алгебры Maxima [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://maxima.sourceforge.net/ru/index.html>. Дата обращения 25.10.2017.

УДК 629.33

ИССЛЕДОВАНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ ЖЁСТКОСТИ ШИН. КОЭФФИЦИЕНТ РАДИАЛЬНОЙ ЖЁСТКОСТИ

Д-р техн. наук **БАЛАКИНА Е.В.**,
канд. техн. наук **ЗАДВОРНОВ В.Н.**, **БЕРЕЗОВСКИЙ М.С.**,
БЛАЖИНСКИЙ В.Р., **КОНЬШИН А.А.**, **ЮСУПКИНА А.С.**
Волгоградский ГТУ, Дмитровский филиал ГУ "Дубна",
fahrgestell2011@yandex.ru

Проведены измерения радиальной жёсткости 123 шин 80 моделей: шин для легковых и грузовых автомобилей, автобусов, прицепов, аэродромной тележки. В результате математической обработки экспериментальных данных найдены универсальные зависимости для вычисления коэффициентов радиальной жёсткости для групп шин и для всех шин вообще. Получены универсальные расчётно-экспери-

ментальные зависимости разных видов: квадратичные, показательные и линейные. На основании оценки их погрешностей рекомендованы разные виды зависимостей для расчёта коэффициентов радиальной жёсткости разных групп шин и всех шин.

Ключевые слова: шина транспортного средства; коэффициент нормальной (радиальной) жёсткости; универсальные расчётно-экспериментальные зависимости.

Balakina E.V., Zadvornov V.N., Berezovsky M.S., Blazinsky V.R., Konshin A.A., Yusupkina A.S. TIRES STIFFNESS RESEARCH. RADIAL STIFFNESS COEFFICIENT

The radial stiffness measurements of 123 tires of 80 models were carried out: tires for cars and trucks, buses, trailers, airfield carts. As a result of mathematical processing of experimental data, universal dependences were found for calculating the radial stiffness

coefficients for groups of tires and for all tires in general. Universal calculation and experimental dependencies of different types are obtained: quadratic, exponential, and linear. Based on the assessment of their errors, different types of dependencies are recommended for calculating the radial stiffness coefficients of different tire groups and all tires.

Keywords: *vehicle tire; normal (radial) stiffness coefficient; universal calculation-experimental dependencies.*

Для решения современных актуальных задач, связанных с совершенствованием моделирования движения эластичного колеса — при создании алгоритмов управления движением колеса в электронных системах активной безопасности колёсных машин и в испытательных стендах, при проектном прогнозировании свойств активной безопасности колёсных машин, а также при оценке работоспособности дорожных покрытий требуются знания о разнокоординатных упругих свойствах взаимодействующего с твёрдой опорной поверхностью эластичного колеса, главная плоскость которого перпендикулярна этой поверхности [1–12]. Оценочными показателями этих разнокоординатных упругих свойств являются коэффициенты нормальной, боковой, продольной, крутильной и угловой жёсткостей шины. При решении практических задач наиболее часто употребляются коэффициенты нормальной и боковой жёсткостей шины. В частности, при расчёте радиального прогиба, боковой деформации шины и длины пятна контакта для определения увода в задачах устойчивости движения и виброзащитённости [1, 3, 4, 6, 8, 9]. Согласно ГОСТ 17697—72 "Автомобили. Качество колеса. Термины и определения", коэффициент нормальной жёсткости шины — есть первая производная от нормальной нагрузки колеса по нормальному прогибу шины. При этом, по рекомендации профессора И.В. Балабина, коэффициент нормальной жёсткости шины следует более чётко называть коэффициентом радиальной жёсткости, что адекватно характеризует упругие свойства шины. Радиальная жёсткость шины — важная характеристика при моделировании таких свойств активной безопасности автомобиля, как устойчивость, управляемость и тормозная динамика. Как известно, устойчивость движения и управляемость автомобиля существенным образом зависят от таких явлений, как увод колёс и колебания управляемых колёс вокруг осей поворота, параметры которых определяются радиальной жёсткостью шины. Тормозной путь автомобиля, в свою очередь, в некоторой степени связан с параметрами колебаний управляемых колёс.

Поэтому достоверные знания о величине радиальной жёсткости позволяют, в первую очередь, корректно моделировать свойства устойчивости и управляемости автомобиля. Помимо этих свойств, радиальная жёсткость шины влияет на виброзащитённость, а также определяет гистерезисные потери в колесе и поэтому существенно влияет на сопротивление качению и расход топлива.

Исследованиями эластичного колеса, взаимодействующего с твёрдой опорой, занимались многие учёные, начиная с Кулона. Это связано с определяющим

влиянием этого взаимодействия на параметры движения всей машины. Сегодня существует множество моделей эластичного колеса разного назначения, применяемых для описания его движения в разных режимах (ведомом, ведущем, тормозном, свободном, нейтральном); его деформирования (щётчатая, "нить на упругом основании", "набор твёрдых дисков" и др.); его увода — модели, основанные на уравнениях кинематических связей М.В. Келдыша, на гипотезе о нелинейности увода (Антонов Д.А., Литвинов А.С., Чудаков Е.А., Bull и др.), на деформационной теории увода (используется почти всеми современными отечественными и зарубежными исследователями); его сцепных свойств (Bakker E., Bernard J., Burckhardt M., Denny M., Fritz W., Kahara Y., Katayama T., Mitschke M., Pacejka H., Балакина Е.В., Зотов Н.М., Кристальный С.Р., Федотов А.И. и др.).

Несмотря на множество работ, касающихся теории качения эластичного колеса, его упругие свойства относятся к числу малоизученных. При этом именно упругие свойства определяют величины деформаций колеса по разным координатам при воздействии возмущающих сил и моментов. Эти деформации, в свою очередь, определяют параметры явлений в пятне контакта, влияющих на движение машины. Существуют исследования, в основном экспериментальные, упругих свойств эластичного колеса, в том числе по разным координатам, в том числе с участием авторов, плоскость качения которого перпендикулярна опорной плоскости (Балабин И.В., Балакина Е.В., Бидерман В.Л., Годжаев З.А., Задворнов В.Н., Кнороз В.И., Московкин В.В., Hadekel R., Pacejka H. и др.). Получены частные зависимости, справедливые для одной шины. Авторы [5] получили универсальные зависимости для расчёта радиальной жёсткости шин, которые однако весьма громоздки и неудобны в применении. Общих же универсальных зависимостей для расчёта радиальной жёсткости как всех шин, так и из групп по конструкциям, позволяющих вычислять радиальную жёсткость шины, задаваясь только допустимой нормальной нагрузкой колеса, до последнего времени не было.

Теперь такие зависимости получены. Для этого авторами В.Н. Задворновым Е.В. Балакиной на протяжении ряда лет измерялись значения радиальной жёсткости легковых и грузовых шин разных моделей и конструкций при паспортных нормальных нагрузках колеса P_z и при паспортных давлениях в шинах, а также отличающихся от них не более чем на 10 %. Таким образом, были измерены радиальные жёсткости 123 шин 80 моделей — для легковых и грузовых автомобилей, автобусов, прицепов, аэродромной тележки.

Общий вид экспериментальных стенов показан на рис. 1. Конструкция большого стенда позволяла прикладывать к шине усилия от 0 до 50 кН и реализовывать комбинированное нагружение нормальной (радиальной), боковой, тангенциальной (продольной), крутильной и угловой нагрузками в разных сочетаниях, а также определять геометрические параметры пятна контакта и удельные силовые показатели взаимодей-



а)



б)

Рис. 1. Стенды для определения жесткостных характеристик шин:
а — больших; б — малых

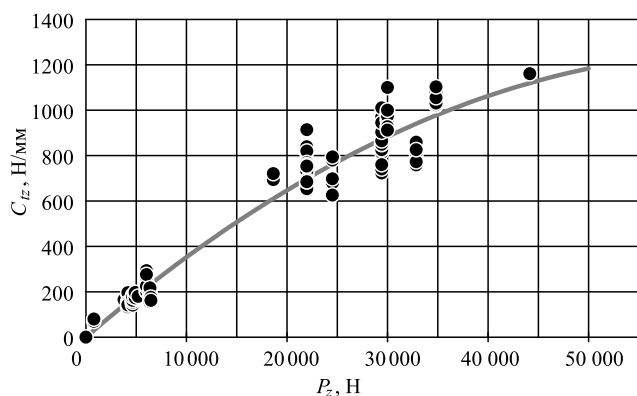


Рис. 2. Результаты эксперимента и аппроксимирующая зависимость $C_{tz} = f(P_z)$ квадратичная — для всех шин

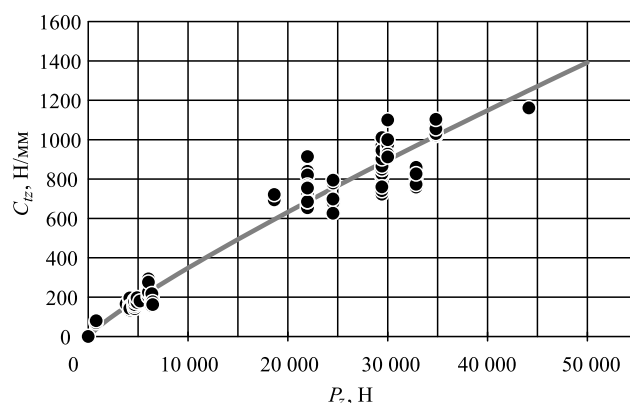


Рис. 3. Результаты эксперимента и аппроксимирующая зависимость $C_{tz} = f(P_z)$ показательная — для всех шин

Таблица 1

Тип шин	Результаты аппроксимации зависимости $C_{tz} = f(P_z)$ квадратичной функцией	
	Зависимость	Средняя относительная погрешность, %
Легковые радиальные	$C_{tz} = 48,2P_z - 2,89P_z^2$	6,9
Легковые диагональные	$C_{tz} = 42,6P_z - 0,515P_z^2$	21,7
Все легковые	$C_{tz} = 47,23P_z - 2,306P_z^2$	13,8
Грузовые радиальные	$C_{tz} = 38,24P_z - 0,263P_z^2$	7,1
Грузовые диагональные	$C_{tz} = 52,06P_z - 0,84P_z^2$	4,9
Все грузовые	$C_{tz} = 39,63P_z - 0,337P_z^2$	7,6
Все	$C_{tz} = 38,13P_z - 0,289P_z^2$	12,5

Таблица 2

Тип шин	Результаты аппроксимации зависимости $C_{tz} = f(P_z)$ показательной функцией	
	Зависимость	Средняя относительная погрешность, %
Легковые радиальные	$C_{tz} = 1,6221P_z^{0,544}$	7
Легковые диагональные	$C_{tz} = 0,3311P_z^{0,753}$	14,2
Все легковые	$C_{tz} = 1,0739P_z^{0,60}$	11,1
Грузовые радиальные	$C_{tz} = 0,3240P_z^{0,773}$	6,4
Грузовые диагональные	$C_{tz} = 6,1506P_z^{0,473}$	6,3
Все грузовые	$C_{tz} = 0,9805P_z^{0,661}$	7,2
Все	$C_{tz} = 0,1244P_z^{0,8616}$	12,0

Таблица 3

Тип шин	Результаты аппроксимации зависимости $C_{tz} = f(P_z)$ линейной функцией	
	Зависимость	Средняя относительная погрешность, %
Легковые радиальные	$C_{tz} = 0,0324P_z$	8,8
Легковые диагональные	$C_{tz} = 0,0398P_z$	22,9
Все легковые	$C_{tz} = 0,0347P_z$	16,7
Грузовые радиальные	$C_{tz} = 0,0315P_z$	7,1
Грузовые диагональные	$C_{tz} = 0,0266P_z$	10
Все грузовые	$C_{tz} = 0,0300P_z$	8,8
Все	Аппроксимация невозможна	—

Таблица 4

Тип шин	Средняя погрешность (%) аппроксимации разными функциями		
	квадратичной	показательной	линейной
Легковые радиальные	6,9	7	8,8
Легковые диагональные	21,7	14,2	22,9
Все легковые	13,8	11,1	16,7
Грузовые радиальные	7,1	6,4	7,1
Грузовые диагональные	4,9	6,3	10
Все грузовые	7,6	7,2	8,8
Все	12,5	12,0	—

ствия колеса с опорной поверхностью. Результаты эксперимента стали исходными данными для аппроксимации зависимостей $C_{tz} = f(P_z)$ разными функциями, для чего использовалась программа "Curve Expert Professional".

На рис. 2 и 3 показаны результаты эксперимента и некоторые аппроксимирующие зависимости, а в табл. 1–3 приведены результаты аппроксимации зависимостей $C_{tz} = f(P_z)$ разными функциями — квадратичной, показательной и линейной. (В табл. 1 значения нагрузки P_z приведены в кН, а в табл. 2 и 3 — в Н; C_{tz} — во всех таблицах в Н/мм.)

Погрешности всех полученных зависимостей $C_{tz} = f(P_z)$, аппроксимированных разными функциями, собраны в табл. 4. На основании их оценки зависимости разных видов рекомендованы для расчёта коэффициентов радиальной жёсткости шин разных групп, а также всех шин. Они отмечены в таблице тёмной заливкой. Например, для легковых радиальных шин меньшую и примерно равную погрешность дают зависимости, аппроксимированные квадратичной и показательной функциями; для всех легковых шин — только показательной функцией, для грузовых радиальных применима любая из трёх зависимостей и т.д.

Полученные универсальные расчётно-экспериментальные зависимости справедливы при контакте шины с твёрдой поверхностью и при вертикальном расположении главной плоскости колеса. Дополнительно подтверждено, что упругие свойства шин определяются их габаритными размерами и характеризуются допустимыми нагрузками на них.

"Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-08-00011".

Литература

1. Балабин И.В. Автомобильные и тракторные колеса и шины / И.В. Балабин, В.А. Путин, И.С. Чабунин. — МГТУ "МАМИ", 2012. — 920 с.
2. Балакина Е.В. Коэффициент сцепления шины с дорожным покрытием / Е.В. Балакина, А.В. Кочетков. — Москва: "Инновационное машиностроение", 2017. — 292 с.
3. Балакина Е.В. Применение разных радиусов колеса в задачах моделирования свойств активной безопасности автомобилей / Е.В. Балакина, И.В. Сергиенко // Автомобильная промышленность. — 2019. — № 5. — С. 16–19.
4. Кнороз, В.И. Работа автомобильной шины / В.И. Кнороз, Е.В. Кленников, И.П. Петров и др. / Под ред. В.И. Кнороза. — М.: Транспорт, 1976. — 240 с.
5. Сальников В.И. Расчётно-экспериментальные универсальные зависимости для определения радиальной жёсткости шин / В.И. Сальников, А.А. Барашков, В.Н. Задворнов, Е.В. Балакина // Автомобильная промышленность. — 2014. — № 7. — С. 13–14.
6. Федотов А.И. Динамический метод диагностики пневматического тормозного привода автомобилей: монография. — Иркутск: Изд-во ИрНТУ, 2015. — 514 с.
7. Jerzy Jackowski and Marcin Wiczorek (2011) Analysis of interaction between tyre tread and road on the basis of laboratory test / TRANS-BALTICA / 7th International Conference Vilnius, Lithuania, May, 2011.
8. Pacejka H.B. Tire and Vehicle Dynamics. Published by Elsevier Ltd, USA, 2012. 672 p.
9. Reza N. Jazar Vehicle Dynamics: Theory and Application. Springer Science + Business Media, LLC, 2008, 1015 p.
10. Romano L., Sakhnevych A., Strano S., & Timpone F. (2019). A hybrid tyre model for in-plane dynamics. Vehicle System Dynamics, 1–23. doi:10.1080/00423114.2019.1608365
11. Seyedmeysam Khaleghian et al. A technical survey on tire-road friction estimation. Friction. 2017. Vol. 5. No 2. P. 123–146.
12. Viehweger M., Vasseur C., van Aalst S., Acosta M., Regolin E., Alatorre A., Ivanov V., Victorino A. (2020). Vehicle state and tyre force estimation: demonstrations and guidelines. Vehicle System Dynamics, 1–28. doi:10.1080/00423114.2020.1714672

ОШИБОЧНЫЕ ВЫВОДЫ ТЕОРИИ АВТОМОБИЛЯ

Д-ра техн. наук **МАМИТИ Г.И., ЛЬЯНОВ М.С., КИМ В.А.**,
кандидаты техн. наук **АБАЕВ А.Х., АГУЗАРОВ Т.Т.,**
УМИРЗОКОВ А.М.; СЛАНОВ С.А.

Горский ГАУ, Белорусско-Российский университет,
Таджикский ГАУ (8672.53-28-84)

Строгое следование традиционной теории движения автомобиля, базирующейся на устаревших представлениях, приводит к далёким действительности результатам, которые не подтверждаются экспериментально и практикой эксплуатации автомобилей. Может ли эта теория быть опорой для современных исследований? Конечно нет.

Ключевые слова: ошибка; вывод; теория; автомобиль; истина; подтверждение; экспериментально; практика эксплуатации; сила сопротивления воздуха.

Mamiti G.I., Lyanov M.S., Kim V.A., Abaev A.Kh.,
Aguzarov T.T., Umirzokov A.M., Slanov S.A.

ERRONEOUS CONCLUSIONS OF THE CAR THEORY

The traditional theory of car movement is based on time-lagged representations, so its conclusions are not confirmed experimentally and by the practice of car operation and, therefore, are erroneous. Strict adherence to the theory leads to results that are far from the truth. But it remains the basis for conducting research that inevitably leads to results that do not correspond to reality. Can this theory be a support for modern research? Of course not.

Keywords: error; conclusion; theory; car; truth; confirmation; experimentally; operating practice; air resistance force.

Наука об общих законах движения и равновесия материальных тел и о возникающих при этом взаимодействиях между телами, как известно, называется теоретической (или общей) механикой [1]. Именно она составляет научную основу теории качения колеса и автомобиля в целом, которой посвящена многочисленная литература [1—21].

Основоположник теории движения автомобиля акад. АН СССР Евгений Александрович Чудаков (02.09.1890—19.09.1953) на все времена определил, что развитие конструкции автомобиля подчиняется требованиям эксплуатации, и рациональной конструкцией является та, которая наиболее полно удовлетворяет этим требованиям.

Жизнь и деятельность Е.А. Чудакова не могут не вызывать восхищения. Всё, что возможно было проверить опытным путём, непременно проверял. В годы войны (1941—1945) им в 1942 г. при институте машиноведения АН СССР была организована Автомобильная лаборатория, аналогичную которой в начале 1945 г. создал и при НАМИ, в которых проводил экспериментальные исследования, получая неподвластные времени, раз и навсегда устанавливаемые результаты. Почему? Потому, что правильное всегда повторяется.

Особенно большой труд был вложен Е.А. Чудаковым в последнее издание учебника "Теория автомобиля", удостоенного Сталинской премии в 1950 г. В трудах его отечественных и зарубежных последователей теория движения автомобиля получила дальнейшее развитие.

Однако время показало, что традиционная теория движения автомобиля отстала от новых реалий. Если на заре автомобилестроения скорости движения были малы ($V_{\max} \leq 20$ км/ч) и силой P_w сопротивления воздуха можно было пренебречь, то для современных скоростных автомобилей такое уже недопустимо. При скоростях выше 50 км/ч сила P_w значительно увеличивается и становится естественным ограничителем V_{\max} . Другие силы сопротивления высокоскоростному движению автомобиля на ровном горизонтальном участке дороги, по сравнению с P_w , ничтожно малы. Это силы сопротивления качению колёс автомобиля по поверхности дороги.

Сегодня излагаемая в учебных и других изданиях теория автомобиля уже не может служить базисом для проведения исследований, так как неизбежно приводит к результатам, не соответствующим действительности. Этого не избежала многочисленная отечественная [2—12; 13] и доступная нам зарубежная [15—21] литература.

Всё изменяется во времени. Время и пространство — основные формы существования материи. **Основные формы всякого бытия — суть пространство и время** (Ф. Энгельс. Анти-Дюринг). Время не существует само по себе, вне материальных изменений. Невозможно существование материальных систем и процессов, не обладающих длительностью, не изменяющихся от прошлого к будущему...

Механика — учение о движении и силах, разделяющееся на кинематику, статику и динамику. Динамика рассматривает законы движения тел и причины, вызывающие или изменяющие это движение под действием сил. Освежим в памяти читателей такие понятия теоретической механики, как *сила* и *момент силы*.

Сила (P , H) — результат взаимодействия по меньшей мере двух тел, имеющая точку приложения, направление действия и свою величину. Момент силы ($M = Pl$, Нм) — произведение силы на плечо (кратчайшее расстояние до направления действия силы). Этот необходимый инструмент (P , $M = Pl$) неправильно используется в теории автомобиля.

В теории автомобиля термин **сила** имеет широкое применение. Это и *сила инерции*, и *сила сопротивления*, и *сила сопротивления движению*, и *сила сопротивления качению колёс автомобиля*, и *сила сопротивления воздуха*, и *движущая сила тяги автомобиля*, и главное — *постоянно действующая вертикальная сила тяжести G*.

Однако необходимо помнить, что *сила, без точки приложения, направления действия и своей величины не существует, а они в традиционной теории автомобиля не указываются, что является одной из важных ошибок теории*.

Здесь приводим с небольшими уточнениями (рис. 1) проф. И.С. Сазонова [13], удачно иллюстрирующий уравнивание силы G тяжести автомобиля опорными реакциями Z . Из равенства $G = Z$ наглядно вытекает, что в состав G входит и вес самого колеса, которое остаётся его частью, а не отбрасывается, как может предположить читатель.

Движение автомобиля происходит в результате взаимодействия ведущих колёс с дорогой, в плоскости которой создаётся движущая сила тяги.

Автомобильные дороги состоят главным образом из прямолинейных горизонтальных участков в целях обеспечения максимальных дозванных скоростей движения, а также безопасности и высокой производительности автотранспорта. Поэтому в качестве силовой расчётной схемы следует рассматривать силы, действующие на автомобиль на подъёме и на горизонтальном прямолинейном участке дороги, так как именно *прямолинейное движение является основным, по продолжительности и времени, состоянием автомобиля* (рис. 2).

Как ранее нами отмечалось, такие проверяемые технические характеристики, как приёмистость, максимальная скорость, минимальный тормозной путь для автомобиля, получают во время дорожных испы-

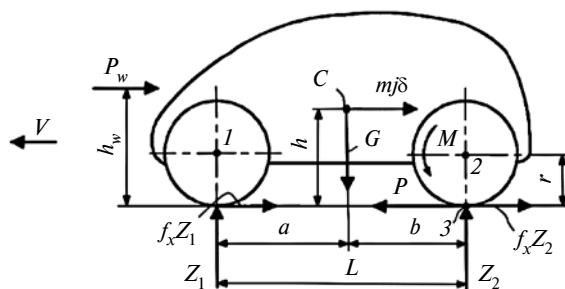


Рис. 3. Расчётная силовая схема автомобиля

таний, при прямолинейном движении на горизонтальном (угол подъема $\alpha = 0$) участке асфальтобетонной дороги (рис. 2, б). Эти условия проведения экспериментов позволяют, кроме всего прочего, проверить, насколько верна принятая силовая схема нагружения автомобиля.

Достижения в науке требуют подтверждения: экспериментальные — практикой эксплуатации автомобиля, теоретические — методом изменения основной системы (повторением результата другим способом). Под каким бы углом не рассматривался вопрос, необходимо иметь в виду, что все приложенные к автомобилю силы в конечном итоге реализуются в местах контакта ведущих колёс с дорогой в виде действующей силы P тяги.

Ошибочно считается, что продольные силы действуют на автомобиль по прямой линии. В действительности автомобиль находится под действием пространственной системы продольных сил, приложенных к нему на разных высотах, относительно опорной (земной) поверхности, если изучается режим ускоренного прямолинейного движения на горизонтальном (угол подъема $\alpha = 0$) участке полотна дороги (рис. 3).

Одной из основных ошибок теории автомобиля, как установлено, является проецирование действующих сил на виртуальную прямую, которая совершает плоское движение в пространстве, вне связи с окружающей средой. Движение автомобиля без связи с земной поверхностью (дорогой) и возникновения в точках контакта колёс с дорогой нормальных и тангенциальных реакций опорной поверхности просто невозможно. Проецирование этой системы параллельных сил, находящихся в вертикальной плоскости, на одну линию действия, как это делается в теории автомобиля, вместо приведения, неправильно.

Анализ доступной отечественной и зарубежной литературы, касающейся теории движения автомобиля [2—26 и др.] неизбежно приводит к выводу о том, что в ней автомобиль рассмотрен в виде материальной точки, совершающей плоское движение в пространстве без связи с окружающей средой.

Самое интересное заключается в том, что автомобиль всеми исследователями признан как объект с ощутимыми размерами (твёрдое тело). Но они же, изучая его движение, пользуются общепринятым у нас и за рубежом уравнением, *якобы выражающим движение автомобиля, которое на самом деле является уравнением движения материальной точки, и выражает движение*

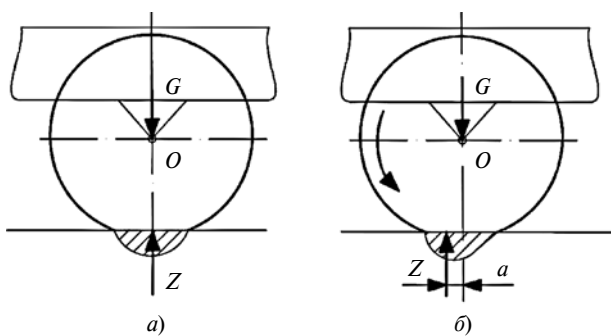


Рис. 1. Эюра элементарных реакций опорной поверхности в пятне контакта шины неподвижного (а) и движущегося (б) колеса

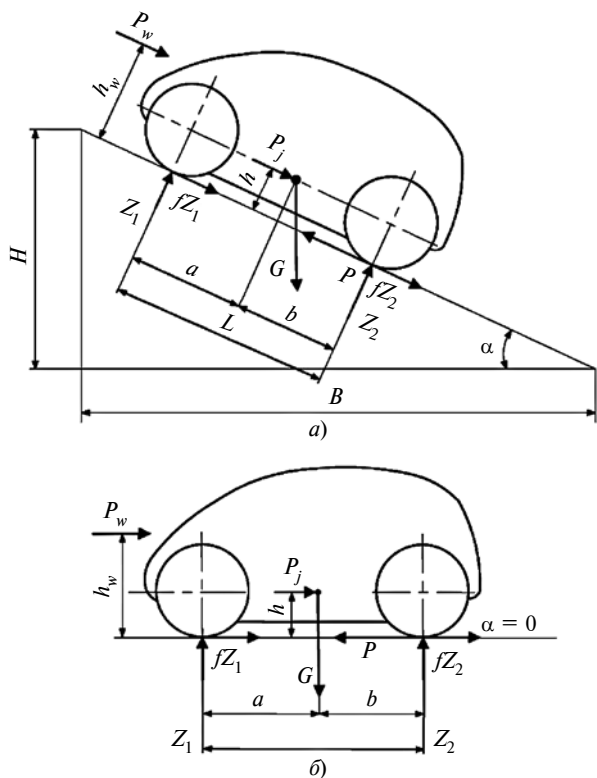


Рис. 2. Силы, действующие на заднеприводный автомобиль при разгоне на подъёме (а) и горизонтальном участке дороги (б)

в пространстве и времени, объекта с исчезающе малыми размерами, т.е. материальной точки, не имеющей никакого отношения к автомобилю.

Так как все силы, приложенные к автомобилю, реализуются в точке *Z* контакта ведущего колеса с дорогой, то задача расчёта движения автомобиля сводится к приведению действующих на него сил к центрам моментов, каковыми являются ось *2* ведущих колёс и точка *Z* контакта ведущего колеса с дорогой.

Литература

1. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики. — М.: Наука, 1968. — 480 с.
2. Зимелев Г.В. Теория автомобиля. — М.: Машгиз, 1959. — 312 с.
3. Фалькевич Б.С. Теория автомобиля. — М.: Машгиз, 1963. — 240 с.
4. Антонов А.С., Кононович Ю.А., Магидович Е.И., Прозоров В.С. Армейские автомобили. Теория. — М.: Воениздат, 1970. — 527 с.
5. Гришкевич А.И. Автомобили: Теория. — Минск: Вышэйшая школа, 1986. — 208 с.
6. Литвинов А.С., Фаробин Я.Е. Автомобиль: Теория эксплуатационных свойств. — М.: Машиностроение, 1989. — 237 с.
7. Скотников В.А., Машенский А.А., Солонский А.С. Основы теории и расчёта трактора и автомобиля. — М.: Агропромиздат, 1986. — 383 с.
8. Кутяков Г.М. Тракторы и автомобили. Теория и технологические свойства. — М.: КолосС, 2004. — 504 с.
9. Вахламов В.К. Автомобили. Эксплуатационные свойства. — М.: ИЦ "Академия", 2006. — 240 с.
10. Мамити Г.И., Льянов М.С., Агузаров Т.Т. и др. Составление уравнений динамической системы при торможении // Материалы междунар. НПК, посвящён. 90-летию Горского ГАУ. — Владикавказ, 2008. — С. 428—432.
11. Селифонов В.В. Теория автомобиля. — М.: ООО "Гринлайт", 2009. — 208 с.
12. Мамити Г.И. Теория движения двухосной колёсной машины. — Владикавказ: Изд-во ФГБОУ ВПО "Горский госагроуниверситет", 2012. В двух книгах: — 216 с.; 168 с.
13. Сазонов И.С. и др. Теория автомобиля. — Могилев: Изд-во БРУ, 2017. — 164 с.
14. Чудаков Е.А. Избранные труды. Том 1. Теория автомобиля. — М.: Изд-во АН СССР, 1961. — 464 с.
15. Jante A. Zur Theorie des Kraftwagens (Янте А. Механика движения автомобиля. Пер. с нем. — М.: Машгиз, 1958. — 263 с.).
16. Taborek J.J. Mechanics of Vehicles (Таборек Я. Механика автомобиля. Пер. с англ. — М.: Машгиз, 1960. — 207 с.).
17. Ellis J.R. Vehicle Dynamics (Эллис Д.Р. Управляемость автомобиля. Пер. с англ. М.: — Машиностроение, 1976. — 216 с.).
18. Wong J.Y. Theory of ground Vehicles (Вонг Дж. Теория наземных транспортных средств. Пер. с англ. — М.: Машиностроение, 1982. — 284 с.).
19. Georg Rill. Vehicle Dynamics. Lecture Notes. University of applied sciences. October 2006, 470 p.
20. Reza N. Jazar. Vehicle Dynamics. Theory and Application. Springer Science + Business Media LLC 2008, 1015 p.
21. Hans V. Pacejka. Tyre and Vehicle Dynamics. Second edition. Butterworth — Heinemann is an imprint of Elsevier, 2006, 642 p.

УДК 629.113

МЕХАНИЗМ ОБРАЗОВАНИЯ ДВИЖУЩЕЙ СИЛЫ АВТОМОБИЛЯ

Канд. техн. наук **КОПОТИЛОВ В.И.**

Тюменское высшее военно-инженерное командное училище им. маршала инженерных войск
А.И. Прошлякова (vikopotilov@mail.ru)

Раскрывается механизм образования силы тяги и уравновешивания опорной поверхностью реактивных моментов, создаваемых активными внутренними силами двигателя колёсной машины. С позиций теоретической механики доказывается, что сила тяги — это внутренняя сила, создаваемая её двигателем, прикладываемая посредством трансмиссии к оси ведущих колёс при их взаимодействии с опорной поверхностью.

Ключевые слова: колёсная машина, автомобиль, двигатель внутреннего сгорания, активные силы, реактивный момент, нормальная реакция, сила тяги, опорная поверхность.

Kopotilov V.I.

THE MECHANISM OF FORMATION OF THE DRIVING FORCE OF THE CAR

The article reveals the mechanism of the formation of traction force and balancing the support surface of the reactive moments created by the active internal forces of the engine of the wheeled vehicle. From the standpoint of theoretical mechanics it is proved that the traction force is the internal force created by its engine, applied by means of transmission to the axis of the drive wheels when they interact with the supporting surface.

Keywords: wheeled vehicle, automobile, internal combustion engine, active forces, reactive torque, normal reaction, traction force, supporting surface.

В прикладных науках принято считать, что движение любой транспортной машины вызывают лишь внешние силы. У колёсных транспортных машин

внешними направленными в сторону движения силами являются, как известно, продольные реакции опорной поверхности (грунта, дороги), прикладываемые к ведущим колёсам. Поэтому в теории движения автомобилей принято считать, что именно они и толкают автомобиль, т.е. являются движущими силами. Однако такое представление о силе тяги ошибочно. Реакции опорной поверхности, являясь пассивными силами механической системы (в данном случае автомобиля), не совершают положительной работы и в принципе не могут быть её движущими силами даже если они направлены в сторону движения. Как отмечает Ю.Ф. Голубев, *"В механике реакция связи всегда считается пассивной. Это означает, что реакция связи не может самостоятельно вызвать движение, не приводящее к нарушению связи, а может тормозить такое движение или препятствовать его возникновению"* [1].

Транспортная машина, в отличие от классических механических систем, имеет ряд принципиальных особенностей, совокупность которых при соблюдении определённых условий позволяет активным внутренним силам, создаваемым её двигателем, реализовать себя в качестве движущих сил, т.е. силы тяги [2].

Во-первых, у транспортной машины, в отличие от обычных механических систем, есть двигатель, а также система элементов, которые принято называть трансмиссией и движителем. При этом двигатель является источником энергии, т.е. генератором активных внутренних сил машины, а трансмиссия служит для их передачи к движителю.

Во-вторых, транспортная машина не является изолированной механической системой. Посредством своего движителя машина взаимодействует с опорной средой, т.е. оказывает на неё силовое воздействие и,

что очень важно, воспринимает от неё соответствующие реакции.

Разумеется, если нет хотя бы одного из указанных элементов (двигателя, трансмиссии, движителя) или же у движителя нет контакта с опорной поверхностью, то самостоятельное перемещение за счёт каких-либо внутренних сил невозможно. При этом сама механическая система теряет статус транспортной машины, а её движение возможно лишь за счёт приложения к ней внешних активных сил.

То, что у транспортной машины движущими являются не внешние, а именно активные внутренние силы, которые и обеспечивают ей самостоятельное перемещение, имеет своё теоретическое основание. Рассмотрим транспортную машину с позиций теоретической механики, т.е. как некую совокупность материальных точек, т.е. механическую систему, которая испытывает действие внешних и внутренних сил.

Если материальные точки системы подвергаются действию внешних и внутренних сил, то движение каждой из них можно описать уравнением

$$m_k \vec{w}_k = \vec{F}_k^i + \vec{P}_k^e + \vec{R}_k^e + \vec{Q}_k^e. \quad (1)$$

Здесь m_k и \vec{w}_k — соответственно масса и ускорение k -й материальной точки ($k = 1, 2, 3, \dots, n$); \vec{F}_k^i — главный вектор внутренних сил, действующих на k -ю материальную точку; \vec{P}_k^e , \vec{R}_k^e и \vec{Q}_k^e — главные вектора соответственно активных внешних сил, реакций опорной поверхности и сил сопротивления внешней (окружающей) среды, приложенных к k -й материальной точке механической системы. Если сложить почленно левые и правые части всех n уравнений (1), описывающих движение системы, то получим следующее уравнение:

$$\sum_{k=1}^n m_k \vec{w}_k = \sum_{k=1}^n \vec{F}_k^i + \sum_{k=1}^n \vec{P}_k^e + \sum_{k=1}^n \vec{R}_k^e + \sum_{k=1}^n \vec{Q}_k^e. \quad (2)$$

Так как $\sum_{k=1}^n m_k \vec{w}_k = M \vec{w}_c$, где M и \vec{w}_c — соответственно масса и ускорение центра масс механической системы, то уравнение (2) сводится к следующему виду:

$$\vec{w}_c = \frac{\sum_{k=1}^n \vec{F}_k^i + \vec{P}^e + \vec{R}^e + \vec{Q}^e}{M}, \quad (3)$$

где \vec{P}^e — главный вектор всех активных внешних сил, действующих на транспортную машину,

$$\vec{P}^e = \sum_{k=1}^n \vec{P}_k^e, \quad (4)$$

\vec{R}^e — главный вектор реакций опорной поверхности (дороги), прикладываемых к машине:

$$\vec{R}^e = \sum_{k=1}^n \vec{R}_k^e, \quad (5)$$

\vec{Q}^e — главный вектор сил сопротивления окружающей среды (воздуха, ...), воспринимаемых машиной:

$$\vec{Q}^e = \sum_{k=1}^n \vec{Q}_k^e. \quad (6)$$

Как следует из формулы (3), в самом общем случае ускорение центра масс транспортной машины определяют четыре разные по природе и характеру силы. Рассмотрим, какие из них могут быть его тяговыми усилиями.

Сила \vec{Q}^e является главным вектором всех сил сопротивления окружающей среды. При движении транспортной машины эта сила выражает, как правило, только сопротивление окружающего воздуха. В редких случаях к такого же рода силам относятся также силы сопротивления воды (при движении машины вброд), силы сопротивления тех или иных предметов (ветвей деревьев, кустарников, ...), а также неровностей опорной поверхности или лежащих на ней предметов при их контакте с кузовом или рамой машины. Для транспортной машины, например, автопоезда, к внешнему для автомобиля-тягача сопротивлению можно отнести также и силу сопротивления на крюке от буксируемого им прицепа. Поскольку \vec{Q}^e появляется в процессе движения машины и выражает сопротивление окружающей среды, то движущей силой транспортной машины она конечно же не является.

Сила \vec{R}^e представляет собой главный вектор реакций опорной поверхности, который можно представить как векторную сумму сил \vec{R}_z^e и \vec{R}_x^e , которые отражают соответственно нормальные и продольные реакции опорной среды (дороги), воспринимаемые движителем. При этом нормальные реакции уравнивают нормальную составляющую силы тяжести транспортной машины. Они перпендикулярны опорной плоскости и вектору скорости движения машины. Поэтому эти работы, а следовательно, и работа главного вектора этих сил \vec{R}_z^e равна нулю.

Главный вектор продольных реакций \vec{R}_x^e складывается из продольных реакций (\vec{R}_{x1}^e), воспринимаемых ведомыми элементами движителя (например, ведомыми колёсами автомобиля или трактора), которые всегда направлены против движения машины, и продольных реакций (\vec{R}_{x2}^e), воспринимаемых ведущими колёсами автомобиля, которые направлены в сторону её движения. Однако ни те ни другие не совершают работу по перемещению машины, так как точки их приложения в каждое мгновение неподвижны, а если и совершают (например, при буксовании ведущих колёс), то только отрицательную работу трения ($A(\vec{R}_{x2}^e) \leq 0$), поскольку вектор скорости скольжения каждого буксующего колёса направлен против вектора продольной реакции. К тому же, продольные реакции опорной поверхности уравниваются активными внутренними силами, которые подводятся к движителю. Из этого следует, что продольные реакции, воспринимаемые движителем, даже несмотря на то, что их главный вектор \vec{R}_{x2}^e направлен в сторону движения, не могут быть, как уже отмечалось выше, движущими усилиями машины.

Таким образом, главный вектор \vec{R}^e продольных реакций опорной среды прикладываемых к движителю, как и главный вектор сил сопротивления окружающей среды (\vec{Q}^e), также не может быть силой тяги машины транспортной машины.

Сила \vec{P}^e , фигурирующая в формуле (3), является главным вектором активных внешних сил. К таковым силам можно отнести, например, тяговое усилие, прикладываемое при буксировке другой транспортной машиной, или продольную составляющую (G_α) собственной силы тяжести машины, возникающую при её движении под уклон ($G_\alpha > 0$). В отдельных случаях к таким активным внешним силам можно отнести аэродинамические силы, обусловленные сильными порывами ветра. Однако действие всех этих активных внешних сил не имеет решающего значения для движения транспортной машины, поскольку в обычных условиях она передвигается совершенно самостоятельно и не нуждается в приложении к нему каких-либо внешних сил, приводящих её в движение, т.е. является самоходным транспортным средством.

Таким образом, приходится констатировать, что никакие внешние силы, прикладываемые к любой транспортной машине, не являются для неё силой тяги. Тогда на основании (3) следует заключить, что транспортная машина своё перемещение осуществляет за счёт активных внутренних сил, создаваемых силовой установкой, которые в процессе взаимодействия движителя с опорной средой превращаются в силу тяги.

На первый взгляд, это противоречит тому известному положению механики, согласно которому векторная сумма всех внутренних сил механической системы и их моментов всегда равна нулю. Однако равенство нулю главного вектора внутренних сил и моментов этих сил вовсе не означает, что эти силы взаимно уравновешиваются и вся система активных внутренних сил, порождаемых силовой установкой транспортной машины, эквивалентна нулю. Как справедливо отмечает Я.Л. Геронимус, "...в общем случае материальной системы внутренние силы не уравновешиваются и не могут быть отброшены" [3, с. 71].

Как и почему возникают условия для возникновения внутренней силы тяги, рассмотрим на примере обычного двухосного грузового автомобиля, имеющего двигатель внутреннего сгорания и задние ведущие колёса.

Как известно из теории [4], у работающего ДВС образуются две силовые пары с моментами M_e и M_e^P . Одна силовая пара с моментом M_e (крутящим моментом ДВС) вращает коленчатый вал. Вторая пара с моментом M_e^P , которой принято называть реактивным, воздействует на картер ДВС в противоположном направлении. При этом реактивный момент стремится повернуть ДВС вокруг оси коленчатого вала и опрокинуть его на бок. Несмотря на то, что эти силовые пары действуют в противоположных направлениях, они не уравновешивают друг друга, так как прикладываются к разным частям двигателя. Вместе с тем, формально, с математической точки зрения, алгебраическая сумма этих двух внутренних моментов ДВС конечно же равна нулю.

Благодаря жёсткому соединению картеров двигателя, сцепление и коробка передач автомобиля образуют, по сути, единый силовой агрегат, который крепится на раме (или несущему кузову) автомобиля и является источником его активных внутренних сил.

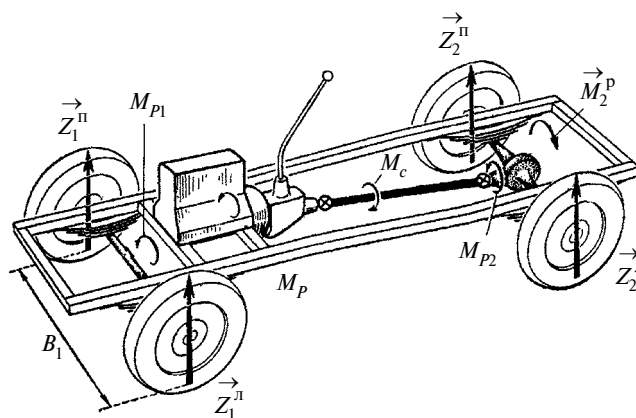


Рис. 1. Активные и реактивные силы автомобиля

Силовая пара, действующая на выходном валу силового агрегата, имеет крутящий момент $M_c = M_e i_{\text{кп}}$ (где $i_{\text{кп}}$ — передаточное отношение коробки передач). Она является активной и передаётся на карданный вал автомобиля (рис. 1). Другая пара, аналогичная по величине, но противоположная по направлению с моментом $M_p = M_e^P i_{\text{кп}}$, прикладывается не к выходному валу, а к корпусу силового агрегата и стремится повернуть его вокруг продольной оси.

Так как корпус агрегата закреплён на раме автомобиля, то эта реактивная силовая пара передаётся на раму. При этом одна часть (M_{p1}) прикладываемого к ней крутящего момента M_p через подвеску передаётся на передний мост, а другая (M_{p2}) — на задний [5].

Передний мост автомобиля, получив силовую пару с моментом M_{p1} , перераспределяет силы нормального давления колёс на дорогу, что, в свою очередь, вызывает изменение нормальных реакций дороги, воспринимаемых левым (\vec{Z}_1^I) и правым (\vec{Z}_1^{II}) колесом. Повышенное значение нормальной реакции на правом переднем колесе и пониженное значение на левом приводит к образованию внешнего момента, создаваемого опорной поверхностью:

$$M_1^e = (Z_1^{II} - Z_1^I) B_1 / 2, \quad (7)$$

где B_1 — колея передних колёс автомобиля. Этот момент и уравновешивает внутренний реактивный момент M_{p1} :

$$M_1^e + M_{p1} = 0. \quad (8)$$

Реактивный крутящий момент M_{p2} , передаваемый рамой на задний мост автомобиля (см. рис. 1), перекрывается силовой парой с реактивным моментом M_M^P ($M_M^P > M_{p2}$), который направлен в противоположную сторону. Этот момент (M_M^P) образуется при работе главной передачи (механизм его образования будет рассмотрен далее) и воздействует на балку заднего моста. Совокупность двух реактивных внутренних моментов (M_M^P и M_{p2}), воздействующих на задний мост, также вызывает перераспределение сил нормального давления его колёс на дорогу. В итоге образуется действующая в противоположном направлении пара внешних сил с моментом M_2^e , обусловленная разницей

нормальных реакций дороги на левом заднем (Z_2^I) и правом (Z_2^II) колесе:

$$M_2^e = (Z_2^I - Z_2^II)B_2/2, \quad (9)$$

где B_2 — колея задних (ведущих) колёс. Момент этой пары внешних сил уравнивается суммарный реактивный момент внутренних:

$$M_2^e + M_M^P + M_{P2} = 0. \quad (10)$$

Рассмотрим теперь механизм образования реактивных моментов, возникающих при передаче крутящего момента M_c с карданного вала на ведущие колеса автомобиля. К таким относится выше указанный реактивный момент M_M^P , который стремится повернуть балку ведущего моста вокруг продольной оси автомобиля, а также реактивный момент M_O^P , который стремится повернуть раму и корпус автомобиля вокруг оси O вращения задних ведущих колёс.

Для того, чтобы не усложнять анализ, рассмотрим ведущий мост, имеющий одинарную главную передачу (рис. 2). Подводимую к ведущей конической шестерне силовую пару с моментом M_c представим в виде двух равных, параллельных и противоположно направленных вертикальных сил \vec{F}_1 и \vec{F}_1' , линии действия которых располагаются друг от друга на расстоянии r_1 . При этом сила \vec{F}_1 приложена к точке вала, расположенной на оси BB , а сила \vec{F}_1' — к зубу этой ведущей шестерни. Так как хвостовик посредством подшипников закреплён в ведущем мосту, то сила \vec{F}_1 в конечном счёте воспринимается картером этого моста.

В отличие от неё, окружная сила \vec{F}_1' вследствие зацепления зубьев передаётся ведомой шестерне в виде силы \vec{F}_2 (на рисунке линия действия \vec{F}_2 для наглядности чуть смещена), которая является для последней окружной силой. Ведомая шестерня, воспринимая от ведущей силы \vec{F}_2 , создаёт силу противодействия \vec{R}_1 . Эта сила и является реакцией ведомой шестерни на силовое воздействие ведущей: сила \vec{R}_1 уравнивает силу \vec{F}_1' , т.е. $\vec{F}_1' + \vec{R}_1 = 0$.

Заметим, что при соприкосновении спиральных (в большинстве случаев круговых) зубьев этих двух конических колёс в зоне контакта возникают не только окружные усилия \vec{F}_1' и \vec{F}_2 , но ещё две осевые и две радиальные силы. Однако они воспринимаются картером ведущего моста, лежат на одних прямых, равны по модулю и противоположны по направлению, вследствие чего уравниваются и не создают реактивных моментов. Поэтому в целях упрощения схемы сил они,

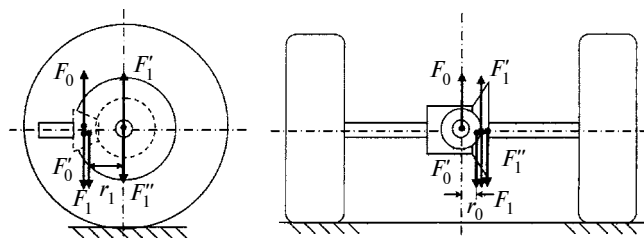


Рис. 2. Силы взаимодействия элементов главной передачи

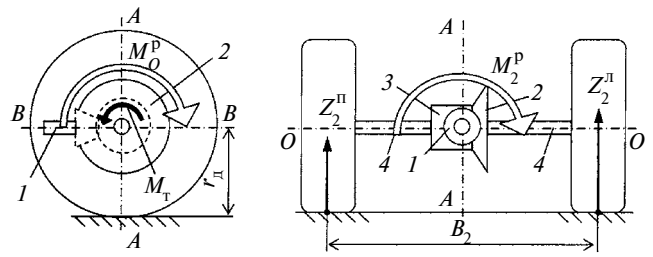


Рис. 3. Активные и реактивные моменты ведущего моста автомобиля

в отличие от окружных сил \vec{F}_1' , \vec{F}_2 и \vec{R}_1 , на рис. 2 не показаны.

Величина трёх последних сил, а также силы \vec{F}_1 определяется при этом формулой:

$$F_1 = \vec{F}_1' = F_2 = R_1 = \frac{M_c}{r_1}, \quad (11)$$

где r_1 — средний радиус ведущей шестерни.

Воздействие силы \vec{F}_2 , приложенной на расстоянии r_2 от оси ведомой шестерни 2, эквивалентно действию трёх сил \vec{F}_2 , \vec{F}_2' и \vec{F}_2'' , две последние из которых лежат на одной вертикальной прямой (для наглядности на рис. 2 линия их действия также чуть смещена), противоположно направлены и равны по модулю силе F_2 ($\vec{F}_2' = \vec{F}_2'' = F_2$). При этом сила \vec{F}_2 , воспринимаемая ведомой шестерней, вместе с вертикальной силой \vec{F}_2' , приложенной на расстоянии r_2 от оси этой шестерни, образует силовую пару с моментом $M_T = F_2 r_2$. Момент этой силовой пары связан с моментом M_c простым соотношением:

$$M_T = F_2 r_2 = M_c r_2 / r_1 = M_c i_o, \quad (12)$$

где $i_o = r_2 / r_1$ — передаточное отношение главной передачи.

С ведомой шестерни крутящий момент M_T передаётся затем на полуоси (рис. 3), которые заставляют вращаться ведущие колёса автомобиля. Этот момент $M_T = M_c i_o = M_e i_{кл} i_o$, как известно, называется тяговым моментом автомобиля. Подчеркнём, что он является при этом моментом пары *активных внутренних сил*, которые генерирует силовая установка автомобиля, а трансмиссия передаёт ведущим колёсам.

Если сила \vec{F}_2' вместе с силой \vec{F}_2 образует пару с моментом M_T , то сила \vec{F}_2'' передаётся на картер моста и в совокупности с силой \vec{F}_1 , также воспринимаемой картером моста, образует другую силовую пару $\vec{F}_2'' - \vec{F}_1$, состоящую из двух равных, параллельных и противоположно направленных внутренних сил. Заметим, что плоскость действия этой силовой пары располагается вне вертикальной продольной и вертикальной поперечной плоскости. Но её, учитывая свойства пар, можно представить в виде двух силовых пар, одна из которых располагается в поперечной вертикальной плоскости и имеет момент

$$M_M^P = \vec{F}_2'' r_1, \quad (13)$$

численно равный M_c , а другая в продольной вертикальной плоскости с моментом

$$M_O^P = F_1 r_2, \quad (14)$$

численно равным M_T .

Таким образом, система внутренних сил, действующих в ведущем мосту, сводится к трём силовым парам с моментами M_T , M_M^P и M_O^P .

Реактивный момент M_M^P воздействует на балку ведущего моста и стремится повернуть её в поперечной плоскости, т.е. вокруг продольной оси автомобиля. Как отмечалось выше, этот момент алгебраически складывается с реактивным моментом M_{P2} , передаваемым рамой, и внешним реактивным моментом M_2^e , в результате чего совокупность трёх моментов оказывается эквивалентной нулю (10).

Момент M_O^P третьей силовой пары отражает действие внутренних сил, стремящихся повернуть картер ведущего моста вокруг его оси O . Так как картер ведущего моста через подвеску связан с рамой автомобиля, то крутящий момент передаётся на корпус автомобиля, стремясь повернуть его вместе с рамой вокруг оси O задних ведущих колёс и опрокинуть назад. Такое направление момента M_O^P способствует уменьшению нормальных реакций на передних ведомых колёсах автомобиля (\bar{Z}_1^I и \bar{Z}_1^{II}) и соответствующее возрастание (\bar{Z}_2^I и \bar{Z}_2^{II}) на задних ведущих.

Эти изменения внешних сил приводят к образованию внешнего поворачивающего момента M_3^e , направленного против момента M_O^P :

$$M_3^e = \Delta Z_2 L_2 + \Delta Z_1 L_1, \quad (15)$$

где ΔZ_1 и ΔZ_2 — убыль и приращение нормальных реакций соответственно на передних и задних колёсах машины; L_1 и L_2 — расстояния от центра масс автомобиля до оси соответственно передних и задних колёс.

Данный момент внешних сил (нормальных реакций дороги) уравнивает реактивный момент (M_O^P) внутренних:

$$M_3^e + M_O^P = 0. \quad (16)$$

Таким образом, анализ сил показывает, что все моменты внутренних сил автомобиля, за исключением тягового момента M_T , автоматически уравниваются нормальными реакциями опорной поверхности. Это приводит к тому, что автомобиль получает неуравновешенный момент M_T активных внутренних сил на ведущих колёсах, т.е. тяговый момент.

Однако сама по себе пара внутренних сил с моментом M_T на ведущих колёсах ещё не может сдвинуть центр масс автомобиля, так как главный вектор этой пары (как и любой другой) равен нулю, поэтому, согласно формуле (3), какое-либо ускорение центра масс автомобиля невозможно.

Чтобы центр масс получил ускорение и перешёл в движение, необходима внешняя продольная сила, которая должна быть приложена к ведущему колесу (т.е. к телу, к которому приложена пара), которая бы уравнивала одну из сил пары, а именно окружную

силу \bar{P}_A , которая действует на колесо в зоне его контакта с опорной поверхностью. Такой внешней силой и является продольная реакция опорной поверхности \bar{X}_2^e (рис. 3, а), которая, уравнив окружную силу \bar{P}_A колеса ($\bar{P}_A + \bar{X}_2^e = 0$), даёт возможность другой силе пары (\bar{P}_T), приложенной к оси вращения колеса, реализовать себя в качестве силы тяги, численно равной

$$P_T = \frac{M_T}{r_d}, \quad (17)$$

где r_d — динамический радиус колеса (плечо силовой пары с моментом M_T).

Таким образом, неуравновешенная пара активных внутренних сил с крутящим моментом M_T , создаваемая ДВС и подводимая трансмиссией автомобиля к его ведущим колёсам, приводит к образованию *внутренней* силы тяги, приводящей автомобиль в движение.

Механизм образования силы тяги колёсной машины был впервые раскрыт и подробно рассмотрен в работах [6, 7, 8 и др.]. В них особо отмечается, что продольная реакция опорной поверхности \bar{X}_2^e , которая прикладывается к ведущему колесу и возникает при его взаимодействии с дорогой, как и окружная сила колеса (другая сила пары, численно равная $P_A = M_T/r_d$), приложенная к колесу в зоне его контакта с дорогой) силами тяги *не являются*, так как первая (\bar{X}_2^e) не совершает работы, а вторая (\bar{P}_A) уравнивается продольной реакцией дороги ($\bar{P}_A + \bar{X}_2^e = 0$).

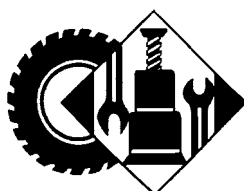
В заключение отметим, что при образовании силы тяги \bar{P}_T внутренний реактивный момент M_O^P фактически уравнивается не за счёт перераспределения нормальных реакций на передних и задних колёсах автомобиля, а за счёт момента $M_A(\bar{P}_T) = P_T r_d$, образуемого силой тяги ведущих колёс относительно поперечной оси A , лежащей в плоскости дороги, в результате чего

$$M_A(\bar{P}_T) + M_O^P = 0. \quad (18)$$

Заметим, что численное значение этого момента $M_A(\bar{P}_T)$ равно значению тягового момента на ведущих колёсах M_T автомобиля. Если внутренний момент M_T , подводимый к ведущим колёсам автомобиля, в силу каких-то причин окажется уравновешенным каким-либо внешним моментом, например, моментом сил трения в защемлении, который вызывает заклинивание и остановку вращения колёс ($M_T + M_{тр} = 0$), то вследствие отсутствия силы тяги ($\bar{P}_T = 0$) уравновешенность моментов $M_A(\bar{P}_T)$ и M_O^P будет нарушена. В таком случае реактивный момент M_O^P становится неуравновешенным и может даже приподнять переднюю часть колёсной машины и повернуть её вокруг оси неподвижных задних колёс. В некоторых случаях, преодолев стабилизирующий момент силы тяжести корпуса, он даже может опрокинуть корпус машины назад. На возможность такого опрокидывания на участке подъёма дороги в случае неожиданного "примораживания" задних ведущих колёс к дорожной поверхности указывает, например, проф. Г.М. Кутыков, который отмечает, что "*Такие случаи встречаются крайне редко, однако они возможны*" [9, с. 317].

Литература

1. Голубев Ю.Ф. Основы теоретической механики: Учебник. 2-е изд., перераб. и дополн. — М.: Изд-во МГУ, 2000. — 719 с.
2. Копотилов В.И. Принципы движения транспортных машин // Вестник машиностроения, 2018. № 11. — С. 42—47.
3. Геронимус Я.Л. Теоретическая механика (очерки об основных положениях). — М.: Наука. Глав. ред. физ-мат. лит-ры, 1973. — 512 с.
4. Автомобильные и тракторные двигатели. Ч. 1. Теория двигателей и системы их топливоподачи. Под. ред. проф. И.М. Ленина. — М.: Высшая школа, 1976. — 368 с.
5. Зимилев Г.В. Теория автомобиля. — М.: Воениздат, 1957. — 455 с.
6. Копотилов В.И. Механизм движения самоходной транспортной машины // Вестник машиностроения, 2014. № 11. — С. 36—40.
7. Копотилов В.И. Механизм образования силы тяги у колёсных строительно-дорожных машин // Направления развития и перспективные способы строительства дорог, мостов и оборудования переправ: Материалы межвузовской региональной науч.-техн. конф. 29 апреля 2015 г. — Тюмень: ТВВИКУ, 2015. — С. 45—49.
8. Копотилов В.И. Сила тяги и механизм её образования // Автомобильная промышленность, 2015. № 7. — С. 4—9.
9. Кутьков Г.М. Тракторы и автомобили: теория и технологические свойства. — М.: ИНФРА-М, 2014. — 506 с.



ЭКСПЛУАТАЦИЯ. ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС АТС

УДК 631.372

УПРУГИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ШИНЫ СВЕРХНИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ. ВЕРТИКАЛЬНЫЕ НАГРУЗКИ

ГОНЧАРЕНКО С.В., д-ра техн. наук ГОДЖАЕВ З.А.,
ПРЯДКИН В.И.; АРТЁМОВ А.В., ГОДЖАЕВ Т.З.
Воронежский ГЛТУ имени Г.Ф. Морозова, ФНАЦ "ВИМ"
(vip16.vgltu@mail.ru)

Рассмотрены особенности экспериментальной оценки упругих свойств на примере тонкостенной шины сверхнизкого давления 1020×420-18 модели Бел-79 при воздействии радиальных нагрузок. Проведён анализ нагрузочной характеристики и определён оптимальный диапазон относительных деформаций, который для исследуемой шины находится в пределах от 12 до 20,3 %. Для возможности описания зависимости радиальной деформации шины от величины нагрузки и внутреннего давления воздуха в шине в виде эмпирической зависимости представлена универсальная характеристика шины. На основании универсальной характеристики шины определена радиальная жёсткость шины 1020×420-18 модели Бел-79 при различных рабочих давлениях воздуха в шине. На основании обработки экспериментальных зависимостей деформации в цикле "нагрузка—разгрузка" определён коэффициент рассеивания энергии в шине при различных давлениях воздуха в шине.

Ключевые слова: шина, деформация, давление, эксперимент, характеристика, зависимость, жёсткость, рассеивание энергии.

Goncharenko S.V., Godzhaev Z.A., Pryadkin V.I.,
Artemov A.V., Godzhaev T.Z.
ELASTIC CHARACTERISTICS OF THE ULTRA-LOW
PRESSURE TIRE. VERTICAL LOAD

The article discusses the features of experimental evaluation of elastic properties on the example of a thin-walled ultra-low pressure tire 1020×420-18 model Bel-79 under the influence of radial loads. The load characteristics were analyzed and the optimal range of relative deformations was determined, which for the studied tire is in the range from 12 to 20.3 %. To describe the dependence of the radial deformation of the tire on the load and internal air pressure in the tire as an empirical relationship, a universal characteristic of the tire is presented. Based on the universal char-

acteristics of the tire, the radial stiffness of the 1020×420-18 model Bel-79 tire was determined at various operating air pressures in the tire. Based on the processing of experimental dependences of deformation in the "load-discharge" cycle, the coefficient of energy dissipation in the tire at different air pressures in the tire is determined.

Keywords: tire, strain, pressure, experiment, characteristic, dependence, stiffness, energy dissipation.

Широкое распространение мобильных энергетических средств, оборудованных шинами низкого и сверхнизкого давления, обусловлено необходимостью обеспечить достаточные показатели опорно-цепной проходимости для выполнения различных транспортных и нетранспортных работ на грунтах и почвах со слабой несущей способностью [1]. Основная особенность таких мобильных средств состоит в низком удельном давлении движителя на грунт, за счёт большого пятна контакта шины с опорным основанием [2].

На сегодняшний день для мобильных энергетических средств малой грузоподъёмности разработано множество шин с различными габаритными и конструктивными параметрами. Основное отличие шин сверхнизкого давления заключается в сравнительно малой слоистости каркаса, малой толщине оболочки, а также протекторе особой конструкции и малой высоты, как правило, не превышающей 20 мм [2, 3]. Данные технические решения обеспечивают высокую эластичность шин и возможность их эксплуатации при увеличенном относительном радиальном прогибе в целях снижения уровня вредного воздействия на грунт и повышения проходимости. В то же время увеличение относительного радиального прогиба шины приводит к уменьшению её ресурса [4, 5].

На сегодняшний день определение оптимальных эксплуатационных параметров шин, таких как величина нагрузки и внутреннее давление, и составления оптимального нагрузочного ряда невозможно без проведения стендовых испытаний [6]. Однако в силу стоимостных показателей, широкого модельного ряда шин низкого давления, а также специфических особеннос-

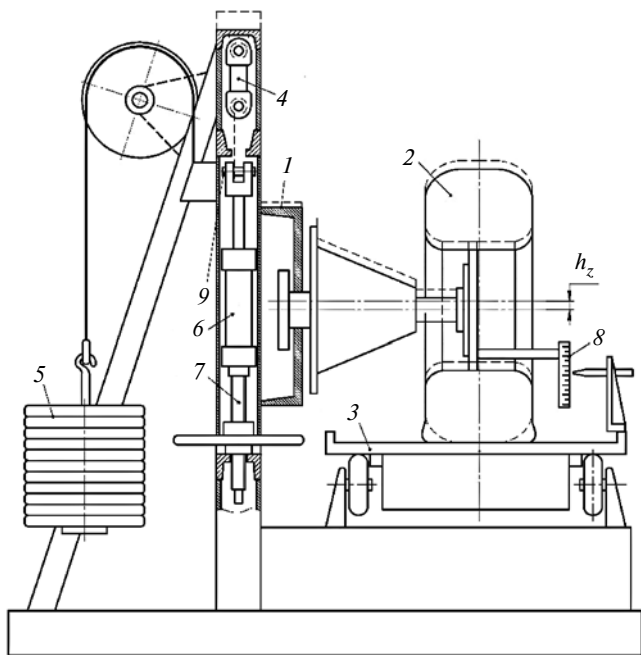


Рис. 1. Конструктивно-принципиальная схема снятия нагрузочной характеристики шины:

1 — подвижная каретка; 2 — испытуемая шина; 3 — стол стэнда; 4 — тензосенсор радиальной нагрузки; 5 — груз на противовесе; 6 — гидроцилиндр нагрузки; 7 — винт; 8 — измерительная линейка; 9 — палец фиксирующий

тей испытаний на данный момент они остаются недостаточно изученными. Технические данные этих шин и результаты стендовых испытаний являются закрытой информацией фирм-производителей, а владельцам шин, как правило, предоставляется лишь небольшая информация по номинальным режимам эксплуатации [7–9].

Цель данного исследования — изучение основных эксплуатационных показателей шин сверхнизкого давления при вертикальных нагрузках. В качестве объекта исследований выбрана шина сверхнизкого давления 1020×420-18 модели Бел-79. Выбор объекта исследования связан с широким использованием данных шин на транспортных и транспортно-технологических машинах сельскохозяйственного назначения полной массой до 2,5 т.

В ходе исследования в Федеральном исследовательском центре машиностроения проведены стендовые испытания данной шины согласно схеме, представленной на рис. 1. Нагрузочная характеристика шин снималась на стенде СИБ-1М двумя способами. При первом устанавливалось заданное давление воздуха и на этом давлении снималась зависимость радиальной деформации от нагрузки от нагрузки, далее опыты повторялись при различных давлениях воздуха (рис. 2). При втором способе на различных давлениях воздуха снимались циклы "нагрузка—разгрузка" с дальнейшим построением петель гистерезиса (рис. 3) [3].

Снятие нагрузочной характеристики производилось следующим образом. Испытуемая шина 2 устанавливалась на подвижную в вертикальном направлении каретку 1, подбором количества грузов на противовесе 5

достигалось равновесие системы "шина—стенд" для возможности определения нагрузочного ряда от абсолютного нуля. Для фиксации величины деформации шины к диску колеса устанавливались пластина с измерительной линейкой 8 и копер.

Измерение величины радиальной нагрузки осуществлялось с помощью электронного динамометра 4. Создание радиальной нагрузки осуществлялось с помощью нагрузочного винта 7 путём вращения штурвала. Шток гидроцилиндра 6 при этом максимально вы-

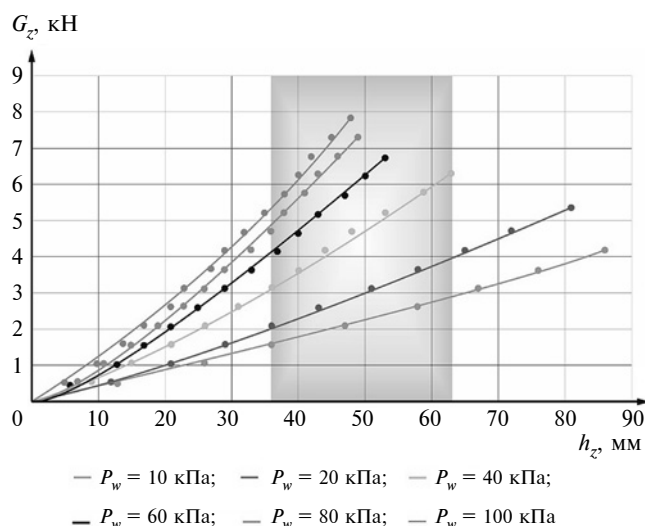


Рис. 2. Нагрузочная характеристика шины 1020×420-18 мод. Бел-79

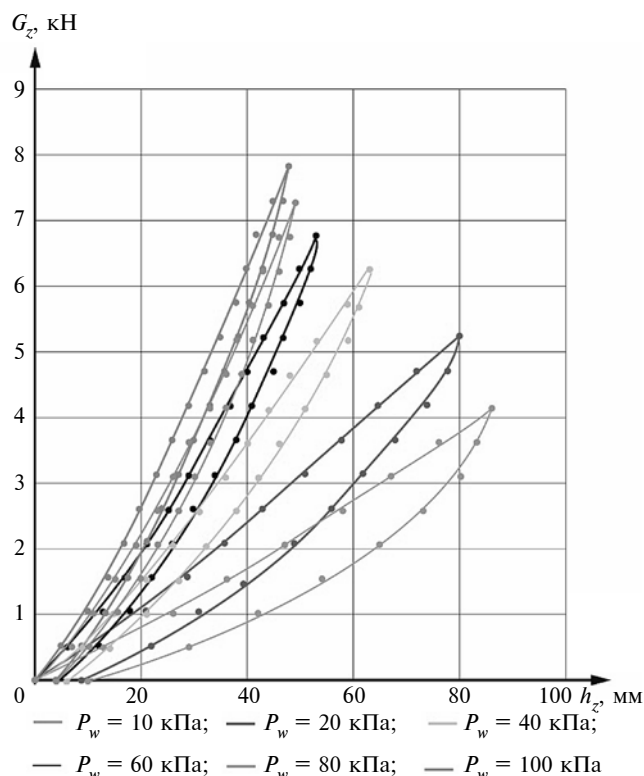


Рис. 3. Зависимость изменения нормальной деформации от нагрузки на шину

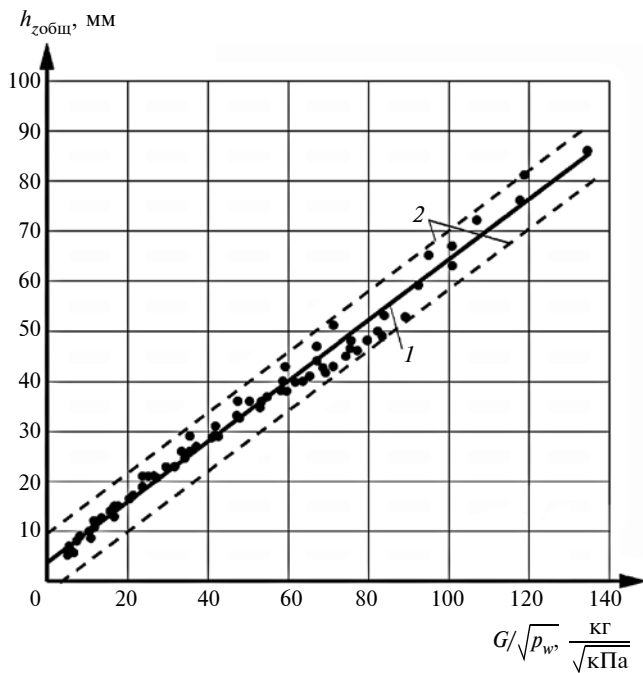


Рис. 4. Универсальная характеристика шины:
1 — экспериментальная регрессивная универсальная характеристика шины; 2 — линии, ограничивающие область отклонений с вероятностью 0,9

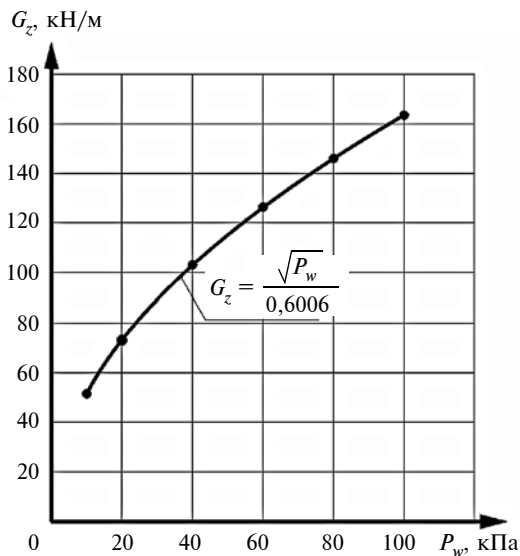


Рис. 5. Зависимость изменения коэффициента нормальной жёсткости шины 1020×420-18 от давления воздуха

двинут для исключения погрешностей при измерении за счёт сжатия рабочей жидкости.

Для определения рабочего диапазона относительных деформаций шины на нагрузочной характеристике отмечались её рабочие эксплуатационные параметры согласно ТУ РБ 700016217—2003. Так, для максимальной допустимой нагрузки на шины $G_z = 500$ кг при давлении воздуха в шине $P_w = 80$ кПа радиальная деформация составляет $h_z = 37$ мм, а при давлении воздуха $P_w = 20$ кПа и нагрузке $G_z = 400$ кг радиальная деформация составляет $h_z = 62$ мм [10]. Диапазон опти-

мальных деформаций шины 1020×420-18 мод. Бел-79 графически изображён на рис. 2.

Относительный радиальный прогиб шины [8] определялся по формуле 1 (табл. 1). Здесь для шины Бел-79 высота профиля $H = 305$ мм. Зависимость радиального прогиба шины от нагрузки и давления воздуха в шине представлялась в виде эмпирической зависимости 2.

Математической обработкой экспериментальных точек нагрузочных характеристик получена универсальная характеристика шины в численном виде [11]:

$$h_z = 4,064 + 0,6006 \frac{G_z}{\sqrt{P_w}}, \text{ мм}, r = 0,99.$$

Графическое представление универсальной характеристики шины 1020×420-18 мод. Бел-79 изображено на рис. 4.

Радиальная жёсткость (кН/м) шины определялась по формуле 3, где α — эмпирический коэффициент наклона универсальной характеристики шины в координатах $h_z = f(G_z/\sqrt{P_w})$. Зависимость изменения коэффициента нормальной жёсткости шины от давления воздуха приведена в табл. 2, а графическое представление зависимости — на рис. 5.

Влияние давления воздуха на коэффициент рассеивания энергии в шине оценивалось путём расчёта коэффициента гистерезисных потерь [3] — по формуле 4, где S_{Π} и $S_{\text{осн}}$ — площадь петли гистерезиса и площадь криволинейного треугольника под петлёй гистерезиса при заданном давлении воздуха, в координатах $G_z = f(h_z)$ см².

Аппроксимация экспериментальной зависимости коэффициента гистерезисных потерь от давления воз-

Таблица 1

№	Формула	Примечания
1	$\delta = \frac{h_z}{H}$	h_z — радиальная деформация, мм; H — высота профиля шины
2	$h_z = h_{z0} + \alpha \frac{G_z}{\sqrt{P_w}}$	h_{z0} и α — постоянные для данной шины коэффициенты, мм и кг·кПа ^{-0,5} соответственно; G_z — нормальная нагрузка, кг; P_w — внутреннее давление, кПа
3	$C_z = \frac{\sqrt{P_w}}{\alpha}$	—
4	$\psi = \frac{S_{\Pi}}{S_{\text{осн}}}$	—
5	$\psi = \psi_0 + \frac{K}{P_w}$	—

Таблица 2

Давление воздуха в шине P_w , кПа	100	80	60	40	20	10
Радиальная жёсткость C_z , кН/м	163,3	146,1	126,5	103,3	73	51,7

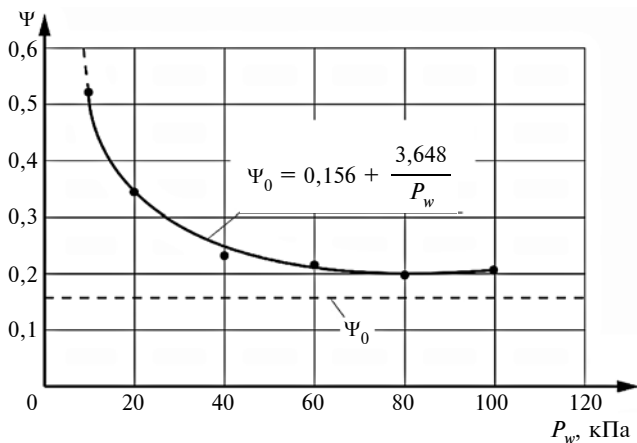


Рис. 6. Зависимость гистерезисных потерь шины от давления воздуха

духа представлялась в виде зависимости 5, где K — постоянный для конкретной шины коэффициент, кПа, Ψ_0 — постоянный безразмерный коэффициент, характеризующийся асимптотой, к которой стремится гиперболой при бесконечном увеличении давления воздуха в шине. Математической обработкой точек петель гистерезиса получена численная зависимость коэффициента гистерезисных потерь от давления воздуха в шине [11]: $\psi = 0,156 + \frac{3,648}{P_w}$.

Анализ нагрузочной $G_z = f(h_z)$ (см. рис. 2) и универсальной $h_z = f(G_z/\sqrt{P_w})$ (см. рис. 4) характеристик шины Бел-79 позволил определить рабочий диапазон относительных деформаций шины, который находится в пределах $12 \leq h_z \leq 20,3\%$ в то время как лучшие образцы шин сверхнизкого давления имеют рабочий диапазон $18 \leq h_z \leq 28\%$. Анализ характеристики жёсткости $C_z = f(\sqrt{P_w})$ (см. рис. 5) показал, что при рабочих давлениях от 20 до 80 кПа шина имеет жёсткость в диапазоне $73 \leq C_z \leq 146,1$ кН/м, таким образом, исследуемая шина имеет повышенную жёсткость на твёрдой опорной поверхности.

Анализ характеристики гистерезисных потерь $\Psi = f(P_w)$ (рис. 6) показал, что при давлении воздуха более 40 кПа гистерезисные потери резко возрастают, а шина сверхнизкого давления должна работать в диапазоне давлений воздуха 10...80 кПа. Таким образом, только половина рабочего диапазона (40—80 кПа) пригодна для длительной эксплуатации шины 1020×420-18 мод. Бел-79, а диапазон давлений от 10 до 40 кПа пригоден только для кратковременной эксплуатации. Данные показатели объясняются тем, что при изготовлении таких шин используются те же технологии изготовления каркаса, что и для обычных автомобильных и тракторных шин [12].

На основании полученных данных установлено, что при описании выходных характеристик шин сверхнизкого давления следует большое внимание уделять способности шины деформироваться так, чтобы при ма-

лых гистерезисных потерях в резинокордной оболочке $\psi = f(P_w) \rightarrow \min$, и приемлемых в ней, исходя из ресурса, напряжениях, создавалась наибольшая площадь контакта $F_k = f(G_z; P_w) \rightarrow \max$, с опорным основанием. Указанное обстоятельство приобретает особую значимость при разработке шин низкого и сверхнизкого давления, нагрузочные и деформационные характеристики которых изучены недостаточно.

Проведённые исследования показали необходимость создания шины с ориентацией корда в её оболочке таким образом, чтобы в зоне восприятия вертикальных и продольных сил нити корда работали в режиме, близком к растяжению и при давлениях воздуха в пределах от 10 до 40 кПа, а в зоне контакта шины с опорным основанием работали на изгиб. Этим требованиям, на наш взгляд, наилучшим образом отвечает шина с радиальным расположением нитей корда.

Литература

1. Прядкин В.И. Мобильные средства химизации грузоподъемностью 1...2 т на шинах сверхнизкого давления / В.И. Прядкин; М-во образования и науки РФ, ФГБОУ ВО "ВГЛТУ". — Воронеж, 2017. — 183 с.
2. Годжаев З.А., Шевцов В.Г., Русанов А.В., Прядкин В.И. Проблема воздействия на почву ходовых систем мобильных энерго-средств и эффективные пути решения / З.А. Годжаев, В.Г. Шевцов, А.В. Русанов, В.И. Прядкин // Инновационное развитие АПК России на базе интеллектуальных машинных технологий: Сб. науч. тр. докл. Международной научно-технической конф., — М.: ВИМ, 2014. С. 327—329.
3. Прядкин В.И., Гончаренко С.В. Шины сверхнизкого давления для сельскохозяйственных мобильных средств / В.И. Прядкин, С.В. Гончаренко; М-во образования и науки РФ, ФГБОУ ВО "ВГЛТУ". — Воронеж, 2016. — 240 с.
4. Кнороз В.И., Кленников Е.В. Шины и колёса. М. Машиностроение. 1975.
5. Бойков В.П. Шины для тракторов и сельскохозяйственных машин / В.П. Бойков, В.Н. Белковский. — Москва: Агропромиздат, 1988. — 240 с.
6. Годжаев З.А., Измайлов А.Ю., Прядкин В.И. Выбор параметров шин сверхнизкого давления для мобильных средств химизации / З.А. Годжаев, А.Ю. Измайлов, В.И. Прядкин // Тракторы и сельхозмашины. — 2014. — № 4. — С. 14—17.
7. Гончаренко С.В., Годжаев З.А., Станкевич Э.Б. и др. Идентификация шин по эксплуатационным показателям // С.В. Гончаренко, З.А. Годжаев, Э.Б. Станкевич, В.В. Мир-Касимов, З.Б. Быкадоров, В.В. Корень / Тракторы и сельскохозяйственные машины. — 2007. — № 7. — С. 16—19.
8. Автомобильные шины (конструкция, расчёт, испытания, эксплуатация) / В.Л. Бидерман, Р.Л. Гуслицер, С.П. Захаров и др. М.: Госхимиздат, 1963. — 384 с.
9. Бычков Н.И., Прядкин В.И., Мельник А.Г. Энергосредство для механизации работ на поймах / Н.И. Бычков, В.И. Прядкин, А.Г. Мельник // Тракторы и сельскохозяйственные машины. — 2004. — № 10. — С. 6—8.
10. Прядкин В.И., Зайцев С.Д., Стрелбченко Л.С., Гончаренко С.В. Выбор рациональных режимов работы высокоэластичных шин сверхнизкого давления // Каучук и резина. — 2010. — № 1. — С. 40—42.
11. Goncharenko S.V., Pryadkin V.I. Elastic characteristics of ultralow-pressure tyres under different loading regimes. part I: vertical and lateral loads. // International Polymer Science and Technology. 2011. Vol. 38. No. 12. P. 24—26.
12. Прядкин В.И. Транспортно-технологические средства на шинах сверхнизкого давления / В.И. Прядкин, В.Я. Шапиро, З.А. Годжаев, С.В. Гончаренко; М-во образования и науки РФ, ФГБОУ ВО "ВГЛТУ". — Воронеж, 2019. — 492 с.

ЦИФРОВАЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ СТЕНДА ДИАГНОСТИКИ ТЯГОВЫХ КАЧЕСТВ АВТОМОБИЛЕЙ

Кандидаты техн. наук **КОВАЛЕНКО Н.А.**,

ГЕРАЩЕНКО В.В., **ЛОБАХ В.П.**,

д-р техн. наук **САЗОНОВ И.С.**

Белорусско-Российский университет

(+375022-23-04-26)

Разработана цифровая измерительная система для стенда диагностики тяговых качеств автомобилей, повышающая точность диагностирования.

Ключевые слова: автомобиль, диагностирование, стенд, колёсная мощность, цифровой датчик момента, цифровой датчик частоты вращения, триггер, цифроаналоговый преобразователь, автоколебательный мультивибратор, логический элемент.

Kovalenko N.A., Gerashchenko V.V., Lobach V.P., Sazonov I.S.

DIGITAL MEASURING SYSTEM FOR DIAGNOSTIC BENCH OF TRACTION QUALITIES OF CARS

A digital measuring system has been developed for the stand of traction qualities of cars, which increases the accuracy of diagnostics.

Keywords: car, diagnostics, stand, wheel power, digital torque sensor, digital speed sensor, trigger, digital-to-analog Converter, self-oscillating multivibrator, logic element.

Опыт эксплуатации автомобилей показывает, что на производительность и топливную экономичность транспортного средства большое влияние оказывает его колёсная мощность [1–3]. Поэтому для измерения этого показателя организации автомобильного транспорта оснащают участки диагностики стендами тяговых качеств различных типов, общим недостатком которых является сложная технология диагностирования, необходимость использования дорогостоящего оборудования и его недостаточная точность.

Колёсная мощность автомобиля определяется формулой: $N_k = M_k \omega_k$, где M_k — крутящий момент на ведущих колёсах автомобиля, Нм; ω_k — угловая скорость ведущих колёс автомобиля, c^{-1} . Поэтому для её расчёта отдельно измеряют M_k и ω_k . Крутящий момент определяют с использованием маятниковых динамометров или датчиков силы, а угловую скорость — посредством тахогенераторов или других приборов подобного назначения [1–3]. Устройства эти — аналоговые, имеют недостаточную точность.

Поскольку результат диагностирования отличается высокими погрешностями, то и последующее устранение обнаруженных неисправностей не обеспечивает восстановления колёсной мощности автомобиля, а следовательно, ухудшается топливная экономичность и производительность АТС.

Из существующих стендов для диагностирования автомобилей по колёсной мощности наилучшим по конструкции является стенд, содержащий опорные

беговые ролики и установленное на монтажной плите нагрузочное устройство, выполненное в виде электрической машины переменного тока общего исполнения. Ротор её соединён упругим валом с первым и вторым ведущими барабанами. В состав стенда также входят тахогенератор, измеритель нагрузки, выполненный в виде датчика крутящего момента, включающего установленные по концам упругого вала металлические диски с радиальными прорезями и выступами, импульсные преобразователи, установленные с обеспечением возможности прохождения выступов и прорезей каждого из дисков возле соответствующего преобразователя [1, 4]. Однако измерительные устройства данного стенда — всё те же аналоговые, вследствие чего выполняемые в нём операции умножения и деления всё же не отличаются высокой точностью.

Авторами предлагается цифровое измерительное устройство для стенда тяговых качеств, позволяющее повысить точность диагностирования, упростить технологию его проведения и снизить затраты на изготовление и эксплуатацию стенда.

Модернизируемый стенд содержит: первый и второй опорные ролики 1 (рис. 1), установленное на монтажной плите 2 нагрузочное устройство 3, выполненное в виде электрической машины переменного тока общего исполнения, ротор которой соединён упругим валом 4 с первым и вторым ведущими роликами 5; импульсный датчик крутящего момента 6, включающий установленные по концам упругого вала 4 металлические диски 7, 8 с радиальными прорезями и выступами; импульсные преобразователи 9, 10, установленные с обеспечением возможности прохождения выступов и прорезей каждого из дисков 7, 8 возле соответствующего преобразователя 9, 10; соединённые с выходами преобразователей дифференцирующие цепи 11, 12, выполненные с отсекающими диодами 13, 14; триггер 15 с двумя входами, выполненный на первом 16 и втором 17 транзисторах и четырёх резисторах 18, 19, 20, 21 (причём базы транзисторов 16, 17 соединены с выходами дифференцирующих цепей 11, 12) [1, 4].

Импульсный датчик 22 частоты вращения ротора электрической машины представляет собой металлический диск 23, имеющий шестьдесят радиальных прорезей и выступов (для повышения точности измерений), с импульсным преобразователем 24, выполненным в виде катушки индуктивности с магнитным сердечником. Преобразователь установлен таким образом, что возле него проходят выступы и прорези диска 23, с его выходом соединена третья дифференцирующая цепь 25 с отсекающим диодом 26.

В разработанном устройстве применён интерфейс 27 с микропроцессорной системой 28, содержащей микропроцессор 29 с внутренней памятью в виде семи регистров 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36 общего назначения; генератор 37 тактовой частоты и таймер 38, соединённые с микропроцессором 29, буфер адреса 39 и шина адреса 40, буфер данных 41 и шина данных 42, шина 43 управления, а также оперативное 44 и постоянное 45 трёхканальные запоминающие устройства.

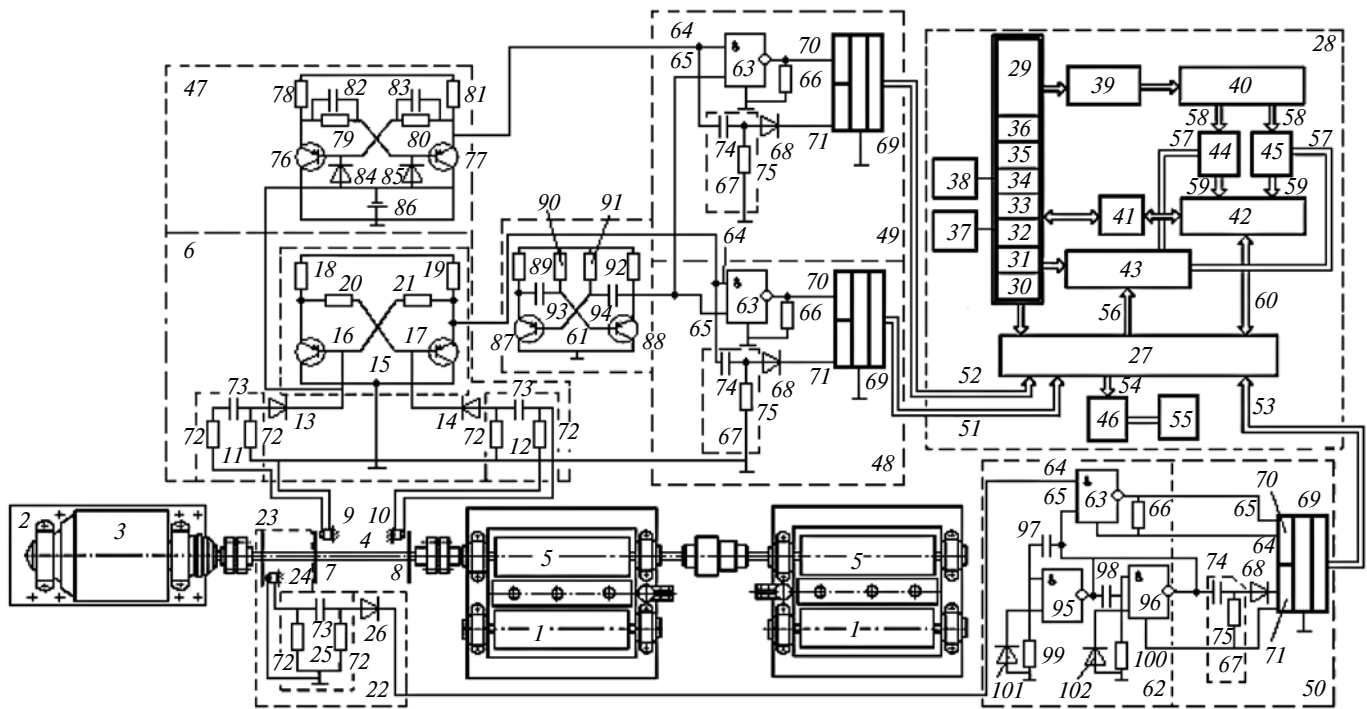


Рис. 1. Схема стенда тяговых качеств с измерительной цифровой системой

Система, кроме того, включает цифроаналоговый преобразователь 46, триггер 47 со счётным запуском, входом соединённый с выходом дифференцирующей цепи 11, первый аналого-цифровой преобразователь 48 длительности прямоугольных импульсов напряжения в шестнадцатиразрядный код, соединённый с выходом импульсного датчика 6 крутящего момента, второй аналого-цифровой преобразователь 49 длительности прямоугольных импульсов напряжения в шестнадцатиразрядный код, соединённый с выходом триггера 47 со счётным запуском, третий аналого-цифровой преобразователь 50 частоты вращения ротора электрической машины в шестнадцатиразрядный код, соединённый с выходом импульсного датчика 22 частоты вращения ротора электрической машины.

Выходы первого 48, второго 49 и третьего 50 аналого-цифровых преобразователей соединены с первым 51, вторым 52 и третьим 53 каналами интерфейса 27 соответственно, четвёртый канал 54 которого соединён со входом цифроаналогового преобразователя 46, выход которого соединён с измерительным прибором 55. Пятым каналом 56 интерфейс 27 через шину 43 управления соединён с микропроцессором 29 и с первыми каналами 57 оперативного 44 и постоянного 45 запоминающих устройств, вторые каналы 58 которых соединены с шиной 40 адреса, а третьи каналы 59 — с шиной 42 данных. Шестым каналом 60 интерфейс 27 соединён через шину 42 данных и буфер 41 данных с микропроцессором 29, а через буфер 39 адреса микропроцессор 29 соединён с шиной 40 адреса, при этом первый и второй 48 и 49 аналого-цифровые преобразователи содержат общий высокочастотный автоколебательный мультивибратор 61.

Третий аналого-цифровой преобразователь 50 содержит низкочастотный автоколебательный мультивибратор 62, причём частоты выходных сигналов как высокочастотного, так и низкочастотного автоколебательных мультивибраторов выбраны с обеспечением достаточной точности кодирования длительности полученных прямоугольных импульсов напряжения. Каждый из аналого-цифровых преобразователей 48, 49, 50 содержит логический элемент И 63 с двумя входами 64, 65, резистор 66, дифференцирующую цепь 67 с отсекающим диодом 68, суммирующий счётчик 69, имеющий счётный вход 70 и вход установки нуля 71.

При этом вход 64 логического элемента И 63 и вход дифференцирующей цепи 67 преобразователя 48 соединены параллельно с выходом триггера 15. Вход 64 логического элемента И 63 и вход дифференцирующей цепи 67 преобразователя 49 соединены параллельно с выходом триггера 47 со счётным запуском. Входы 65 обоих преобразователей 48 и 49 соединены с выходом высокочастотного автоколебательного мультивибратора 61. Вход 64 логического элемента И 63 аналого-цифрового преобразователя 50 соединён с выходом датчика частоты вращения 22, а вход 65 — соединён с выходом автоколебательного мультивибратора 62 и с входом дифференцирующей цепи 67.

Резистор 66 и счётный вход 70 счётчика 69 соединены параллельно с выходом логического элемента И 63, а выход каждой из дифференцирующих цепей 67 с отсекающим диодом 68 соединён со входом 71 установки нуля счётчика 69.

Дифференцирующие цепи 11, 12, 25 выполнены на двух резисторах 72 и конденсаторе 73. Дифференцирующие цепи 67 выполнены на конденсаторах 74 и

резисторе 75. Триггер 47 выполнен на транзисторах 76 и 77, резисторах 78, 79, 80 и 81, конденсаторах 82, 83, диодах 84, 85, источнике питания 86.

Высокочастотный мультивибратор 61 выполнен на транзисторах 87 и 88, резисторах 89, 90, 91, 92, конденсаторах 93, 94. Низкочастотный автоколебательный мультивибратор 62 выполнен на логических элементах И-НЕ 95, 96, конденсаторах 97 и 98, резисторах 99, 100, диодах 101, 102.

Система работает следующим образом. Автомобиль устанавливается на стенд, запускают двигатель внутреннего сгорания, включают прямую передачу, запускают электрическую машину 2. Она начинает работать в режиме электродвигателя в соответствии с её механической характеристикой [1].

Далее перемещают педаль управления подачей топлива диагностируемого автомобиля. Скорость вращения колёс автомобиля и, соответственно, ротора машины 2 будут увеличиваться, поэтому электромашина 2 перейдёт в генераторный режим работы. В этом режиме при полной подаче топлива устанавливается угловая скорость вращения ротора электромашины, которая измеряется датчиком 22.

Вследствие взаимодействия электромагнитного поля статора и тока в роторе электромашины 2 на валу ротора появляется тормозной момент, который измеряется датчиком момента 6, установленным на упругом валу 4 стенда.

Крутящий момент на валу измеряется следующим образом. В исходном состоянии первый транзистор 16 триггера 15 закрыт, вследствие чего второй транзистор 17 триггера 15 открыт из-за наличия положительных обратных связей в триггере 15. Поэтому напряжение на коллекторе первого транзистора 16 U_{K16} принимает максимальное значение (рис. 2, а), а на коллекторе второго транзистора 17 напряжение U_{K17} равно нулю (рис. 2, б).

При вращении упругого вала 4 с первым диском 7 на выходе первого преобразователя 9 формируется импульс напряжения, который дифференцируется первой дифференцирующей цепью 11, выпрямляется диодом 13, при этом образуется положительный импульс напряжения $U_{БЭ16}$ (рис. 2, в), который подаётся на базу первого транзистора 16. Первый транзистор 16 открывается, а второй транзистор 17 закрывается. На коллекторе второго транзистора 17 появляется положительное напряжение.

При нагружении упругого вала 4 он закручивается на угол, пропорциональный приложенному моменту. Поэтому второй диск 8 закручивается относительно первого диска 7, вследствие чего на выходе второго импульсного преобразователя 10 формируется импульс напряжения, имеющий фазовое смещение относительно первого импульса, сформированного первым импульсным преобразователем 9. Полученный импульс напряжения дифференцируется второй дифференцирующей цепью 12, выпрямляется диодом 14. Образуется положительный импульс напряжения $U_{БЭ17}$ (рис. 2, г), который подаётся на базу второго тран-

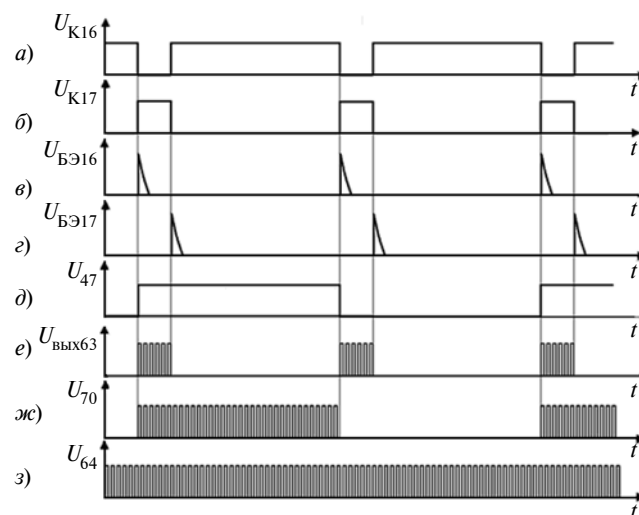


Рис. 2. Сигналы в цепях цифрового датчика момента

зистора 17. Второй транзистор 17 открывается, а первый транзистор 16 закрывается. На коллекторе второго транзистора 17 опять устанавливается напряжение, равное нулю.

Таким образом, на выходе второго транзистора 17 триггера 15 сформировался прямоугольный импульс (рис. 2, б), длительность которого пропорциональна крутящему моменту на валу.

Аналогично формируются в процессе вращения упругого нагруженного вала 4 и другие прямоугольные импульсы, высота которых постоянна, а длительности их в любой момент времени пропорциональны моменту на валу. Эти импульсы подаются на вход 64 логического элемента И 63 аналого-цифрового преобразователя 48, на вход 65 которого поступают импульсы напряжения от высокочастотного автоколебательного мультивибратора 61 (рис. 2, з). На выходе логического элемента И 63 появляется последовательность коротких импульсов за время, равное длительности импульсов напряжения, действующих на входе 64 этого логического элемента. Полученные импульсы (рис. 2, е — $U_{\text{вых}63}$) поступают на счётный вход электронного суммирующего счётчика 69 аналого-цифрового преобразователя 48, на выходе которого появляется шестнадцатиразрядный код, соответствующий длительности прямоугольного импульса, сформированного триггером с двумя входами 6. Полученный код посредством канала 51, интерфейса 27 и шины данных записывается в регистр 30 общего назначения микропроцессора 29.

Так как момент на упругом валу 4 определяется фазой отставания второй импульсной последовательности импульсов от первой последовательности импульсов напряжения, а фаза отставания второй последовательности от первой равна отношению длительности полученных прямоугольных импульсов на выходе триггера 6 с двумя входами к периоду их следования, то необходимо получить в устройстве период следова-

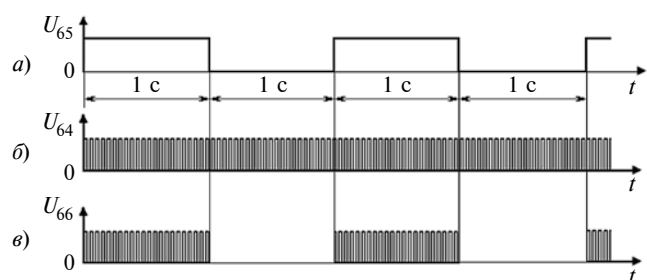


Рис. 3. Сигналы в цепях аналого-цифрового преобразователя частоты вращения

ния импульсов в виде длительности прямоугольного импульса напряжения.

Эта операция выполняется с помощью триггера 47 со счётным запуском, принцип действия которого состоит в следующем. Предположим, что до прихода первого импульса от дифференцирующей цепи 11 транзистор 76 закрыт, а транзистор 77 открыт. Тогда потенциал катода диода 84 является более низким, чем потенциал катода диода 85. Поэтому при подаче положительного импульса от цепи 11 по диоду 84 начинает протекать ток, который является током базы транзистора 76, и транзистор 76 открывается, а транзистор 77 закрывается. Следующий положительный импульс, приходящий от дифференцирующей цепи 11, возвращает триггер 47 в исходное состояние. На выходе триггера 47 образуются прямоугольные импульсы напряжения U_{47} (рис. 2, д), длительность которых равна периоду повторения входных импульсов.

Эти импульсы подаются на вход 64 логического элемента И 63 аналого-цифрового преобразователя 49, на вход 65 которого поступают импульсы напряжения от высокочастотного автоколебательного мультивибратора 61 (рис. 2, з). На выходе логического элемента И 63 преобразователя 49 появляется последовательность коротких импульсов за время, равное длительности импульсов напряжения, действующих на входе 64 этого логического элемента.

Полученные импульсы U_{70} (рис. 2, ж) поступают на счётный вход электронного суммирующего счётчика 69 аналого-цифрового преобразователя 49, на выходе которого появляется шестнадцатизначный код, соответствующий длительности прямоугольного импульса, сформированного триггером 47 со счётным запуском. Полученный код посредством канала 52, интерфейса 27 и шины 42 данных записывается в регистр 31 общего назначения микропроцессора 29. Импульсы напряжения на выходе мультивибратора U_{64} представлены на рис. 2, з.

Принцип действия аналого-цифрового преобразователя от частоты вращения 50 состоит в следующем. С выхода автоколебательного мультивибратора 62 напряжение U_{65} в виде прямоугольных импульсов подаётся на один из входов логического элемента И 63 (рис. 3, а), а на второй вход напряжение подаётся от

датчика частоты вращения 22 в виде коротких импульсов (рис. 3, б). На выходе логического элемента И 63 преобразователя 50 за время действия каждого из прямоугольных импульсов от мультивибратора 62 появляется определённое число импульсов (рис. 3, в), которое пропорционально частоте вращения. Полученные импульсы поступают на счётный вход электронного суммирующего счётчика 69 аналого-цифрового преобразователя 50. На выходе счётчика появляется шестнадцатизначный код, соответствующий величине частоты вращения. Полученный код посредством канала 53, интерфейса 27 и шины 42 данных записывается в регистр 32 общего назначения микропроцессора 29. В 33 регистр общего назначения микропроцессора 29 записывается код числа 9750 перехода от частоты вращения к угловой скорости и получения результата колёсной мощности автомобиля в киловаттах в виде кода.

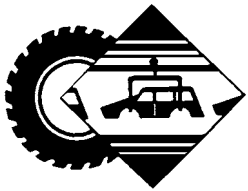
Далее по программе, имеющейся в микро-ЭВМ, выполняется операция деления цифрового кода, записанного в регистре 30, на цифровой код, записанный в регистре 31. Результат деления — код момента на упругом валу. Он записывается в регистр 34. Аналогично по программе производится умножение кода, записанного в регистре 34 на цифровой код, записанный в регистре 32. Результат записывается в регистр 35. Этот результат делят на код, отображающий число 9750, записанный в регистре 33. Результат записывается в регистр 36. Это и есть колёсная мощность автомобиля.

Из регистра 36 код колёсной мощности посредством буфера данных 41, шины данных 42 по каналу 60 через интерфейс 27 поступает по каналу 54 в цифро-аналоговый преобразователь 46 и регистрируется измерительным прибором 55.

Анализ цифровой измерительной схемы системы стенда для определения колёсной мощности позволяет утверждать, что её применение позволит повысить топливную экономичность и производительность автомобиля за счёт повышения точности измерений.

Литература

1. Коваленко Н.А. Модернизированный стенд для диагностирования тяговых качеств автомобиля / Н.А. Коваленко, В.В. Герашенко, В.П. Лобах // Автомобильная промышленность. — 2016. — № 11. — С. 27—30.
2. Герашенко В.В. Методы и средства диагностирования и повышения эксплуатационных свойств автомобилей и их агрегатов: [монография] / В.В. Герашенко, Н.А. Коваленко, В.П. Лобах. — Могилев: Беларус.-Рос. ун-т, 2017. — 170 с.
3. Герашенко В.В. Безопасность, экономичность и повышение проходимости автомобильного транспорта: [монография] / В.В. Герашенко, А.И. Зайцев, Н.А. Коваленко, В.П. Лобах, А.В. Шур. — СПб.: Из-во Политехн. Ун-та, 2018. — 154 с.
4. Стенд для диагностирования автомобиля по его колёсной мощности: пат. 21727 С1 РБ, МПК G01M 15/00 / Сазонов И.С., Герашенко В.В., Коваленко Н.А., Лобах В.П. — Оpubл. 07.12.2017.



УДК 629.33

ВАЛИДАЦИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНОГО ПОСТАВЩИКА АВТОКОМПОНЕНТОВ

Магистр технических наук **ШАЙКЕМЕЛОВ А.А.**

ТОО "СарыаркаАвтоПром", Костанайский политехнический высший колледж,
Казахстан (adil_shaikemelov@mail.ru)

Предлагается общий обзор проведения процесса валидации потенциального производителя — поставщика автокомпонентов. Данная работа проводится в рамках стратегии развития компании в области локализации.

Ключевые слова: валидация, автопром, производство, автокомпоненты, поставщик.

Shaikemelov A.A. VALIDATION OF A POTENTIAL SUPPLIER OF AUTOMOTIVE COMPONENTS

The article describes a general overview of the validation process of a potential manufacturer as a supplier of automotive components. This paper is carried out as part of the company's development strategy in the field of localization.

Keywords: localization, automotive industry, production, automotive components, industrial zone.

Тенденции развития локализации процессов, а также автокомпонентов, применяемых при производстве легковых, грузовых и коммерческих автомобилей на производственной площадке ТОО "СарыаркаАвтоПром", входящей в состав группы компаний "Аллюр", берут начало с момента освоения мелкоузловой производства. В Казахстане, как и в любой стране, автомобильная отрасль развивается параллельно росту рынка и экономики страны в целом. На начальном этапе развития речь шла только об импорте автомобилей на внутренний рынок. По мере роста сбыта были созданы автосборочные предприятия, где осуществляется крупноузловая сборка (*disassembled knock down*), а затем — полномасштабное производство, включающее сварку, окраску, сборку кузова, которое в значительной степени увеличивает уровень локализации в первую очередь производственных процессов.

Валидация процесса производства является документированным подтверждением того, что процесс в пределах установленных параметров может выполняться эффективно, и воспроизводимо приводить к полу-

чению качественной продукции, соответствующего установленным спецификациям и показателям качества. Введением непрерывной верификации процесса определён альтернативный подход к валидации процесса на основе непрерывного мониторинга пригодности производства. Этот подход основан на знании продукта и процесса, полученном при их разработке и (или) на опыте предыдущего производства. Непрерывная верификация процесса может быть применима как при традиционном, так и расширенном подходе к производственной разработке. Для оценки пригодности процесса могут использоваться методы непрерывного мониторинга и (или) контроля.

Валидация процессов не должна рассматриваться как разовое событие. Подход к валидации на основе жизненного цикла включает разработку продукта и процесса, валидацию коммерческого производственного процесса, поддержание процесса в контролируемом состоянии в ходе рутинного промышленного производства. Производится валидация в несколько этапов, которые приведены ниже.

Оценка технических возможностей поставщика

Аудит оценка потенциального поставщика (*PSA*-аудит) проводится по следующим пяти направлениям: *производство, качество, сервис, технология и цена*. По итогам аудита потенциальному поставщику будет присвоен один из нижеследующих статусов: **зелёный** — если потенциальный поставщик отвечает всем требованиям; **жёлтый** — если потенциальный поставщик отвечает требованиям, однако требуется составить план мероприятий и рекомендации (*quad report*) со стороны отдела планирования качества перспективной продукции (*APQP*, рис. 1) по устранению несоответствий; **красный** — если потенциальный поставщик не отвечает требованиям, требуется составлять план мероприятий со стороны поставщика по устранению несоответствий и проводится повторная оценка после получения письменного извещения о готовности. Схема обследования потенциального поставщика приведена на рис. 2.

Коммерческое предложение и технический обзор

Запрос на коммерческое предложение (*RFQ*). После достижения положительного результата *PCPA/PSA* оценки потенциальный поставщик обеспечивается данными (чертеж, свод требований *SOR* (*statement of requirements*) и др.) для расчёта цены продукции и проработки предварительного технологического процесса.

Совещание технического обзора (*technical review meeting*)

Потенциальные поставщики, которые были утверждены на этапе *RFQ*, должны пройти техническую оценку со стороны представителей подразделений ТОО "СарыаркаАвтоПром", далее САП, на совещание технического обзора, где предприятие проверяется по следующим техническим параметрам: техничес-

кая оснащённость (оборудование и технологический процесс); наличие положительной "истории" поставки деталей, а также налаженность корректного процесса по обеспечению

гарантий и оказания автосервисного обслуживания.

По итогам совещания потенциальному поставщику также будет присвоен один из статусов: **зелёный** —

если потенциальный поставщик отвечает всем требованиям, допущен к сорсингу; **жёлтый** — если потенциальный поставщик отвечает требованиям, однако требуется пов-

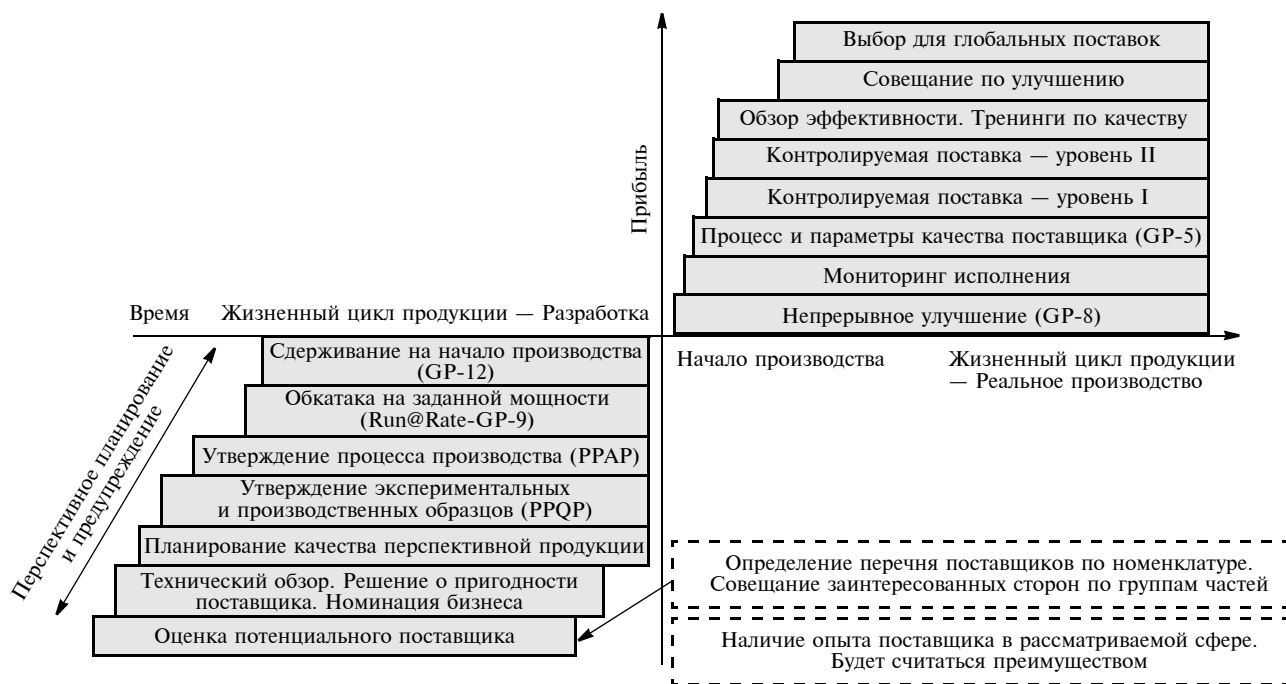


Рис. 1. Планирование качества перспективной продукции

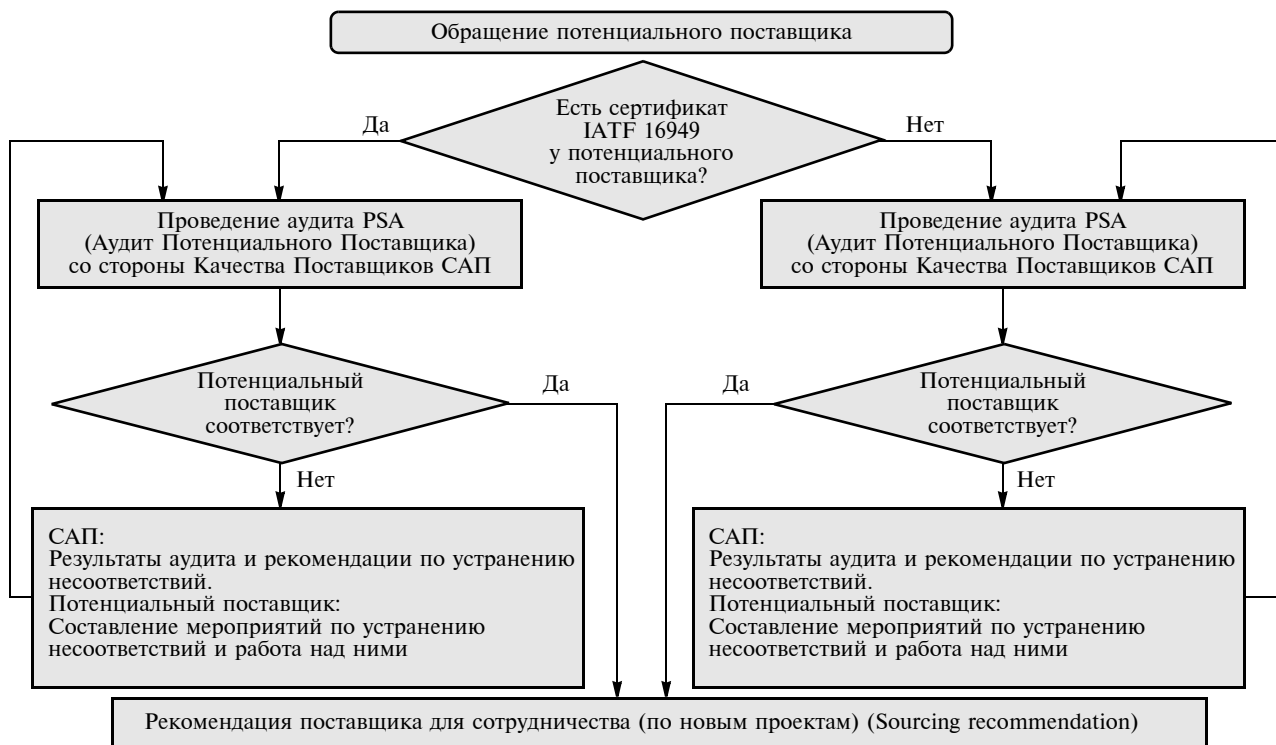


Рис. 2. Схема обследования потенциального поставщика

торное проведение технического осмотра; **красный** — если потенциальный поставщик не отвечает требованиям и не допускается к сорсингу.

Оценка технических возможностей поставщика

Ключевыми элементами по этим направлениям являются: владение английским языком, так как вся техническая документация на английском языке; наличие подходящего инструмента или шаблона для контроля геометрических размеров, а также владение статическими методами контроля, т.е. умение пользоваться редакторами 3D-чертежей (*CAD/CAM/CAE*), симуляция рабочего цикла оснасток на программном обеспечении; наличие возможностей для проведения валидационных тестов требованиям глобальных стандартов *AIAG*.

Процесс утверждения поставщика

До окончания "Процесса утверждения поставщика" потенциальный поставщик должен продемонстрировать налаженную систему качества предприятия и предоставить документацию, подтверждающую соответствие предприятия требованиям САП по Встроенному качеству у поставщика (*BIQS*).

Статус внедрения этой практической системы управления качеством у поставщика оценивается по 29 элементам. Критерии соответствия следующие: полное соответствие по 24 элементам из 29; наличие *IATF 16949*; отсутствие значительных сбоев (остановка произв. линии более чем 20 мин); число проблем по качеству менее шести за последние шесть месяцев; отсутствие отзывов с рынка по вине поставщика за последние полгода.

Элементы *BIQS*:

BIQS-1 Управление несоответствующей продукцией.

BIQS-2 Уровневый аудит.

BIQS-3 PFMEA Оценка потенциальных рисков.

BIQS-4 PFMEA Управление потенциальными рисками.

BIQS-5 Последовательное управление.

BIQS-6 Защита от ошибок.

BIQS-7 Анализ измерительных приборов.

BIQS-8 Быстрое реагирование.

BIQS-9 Решение проблем совместно с руководством.

BIQS-10 Проверка качества.

BIQS-11 Стандартизированная работа.

BIQS-12 Контроль изменений процессов.

BIQS-13 Станция верификации.

BIQS-14 Контроль за изменениями производства (*PTR — Production Trial Run*).

BIQS-15 Система андон.

BIQS-16 Эскалация при возникновении проблем.

BIQS-17 Визуальный контроль.

BIQS-18 Визуальные стандарты.

BIQS-19 Управление процессом *PFMEA-PCP — SW*.

BIQS-20 Разработка плана контроля процессов.

BIQS-21 Проверка способности процесса.

BIQS-22 Вторичная обработка/ремонт.

BIQS-23 Обратная связь.

BIQS-24 Обучение.

BIQS-25 Требования по сдерживанию/передвижению.

BIQS-26 Техническое обеспечение.

BIQS-27 FIFO контроль материалов.

BIQS-28 Одобрение и упаковка для отгрузки.

BIQS-29 Управление поставками.

Важное условие: *BIQS-1, BIQS-8, BIQS-11* должны быть обязательно внедрены в течение первых трех месяцев сотрудничества, а в течение первых восьми месяцев — 11 основных элементов системы.

Ключевые элементы *BIQS* — это: *Быстрое реагирование (fast response)* и *Контроль несоответствующих материалов (CNCM)*. Первое — обеспечивает дисциплинарное выполнение этапов качества и производства, немедленное устранение проблем с качеством; устанавливает сфокусированные критерии для быстрого реагирования на устранение проблем и обеспечение обратной связи в структуре собрания. Второе выражается в ответственности поставщиков за то, чтобы несоответствующий материал не доходил до клиента.

Основные требования, предъявляемые к потенциальным поставщикам: соответствие к критериям оценки потенциального поставщика (*PSA*); предприятию должны быть сертифицированы на соответствие Тех-

нической Спецификации международного стандарта для производителей автомобильных компонентов *IATF 16949* или иметь план подготовки к сертификации, содержащий дату проведения сертификации; наличие знания/опыта по процессу *APQP* и разработке документации утверждения производственного процесса и компонентов (*PPAP — parts production approval process*); соответствие специальных процессов производства глобальным требованиям постоянного улучшения качества (*CQI*); положительный статус внедрения требований встроенного качества (*BIQS*); постоянное соблюдение требованиям *5S* и технологической дисциплины;

Одобрение производства частей: правильно ли поставщик понимает все конструкторские и технические требования потребителя; имеет ли процесс производства поставщика потенциальную возможность выпускать в действующих условиях производства назначенные объёмы продукции в соответствии с этими требованиями. Процесс показан на рис. 3.

Общая информация о процессе валидации

Предприятие, которое заинтересовано в освоении производства комплектующих для поставки в САП, после номинации приступит к этапу *PPAP*. На этом этапе определённое количество сырья, материалов и комплектующих частей проходят валидацию. Последовательность и содержание работ при валидации изображены на рис. 4. Поставщик должен быть готов к таким расходам, как покупка стандартов и проведение испытательных сертификационных испытаний, а при необходимости поставщику придётся приобрести необходимую технологию.

Валидация на уровне материала "Металлический лист"

Потенциальный поставщик должен быть номинирован со стороны САП как поставщика материала. Выбираемый материал должен соответствовать требованиям внутренних стандартов САП и внешних стандартов (*JIS, ASTM, ISO, DIN* и др.). К примеру: требования к стандарт-

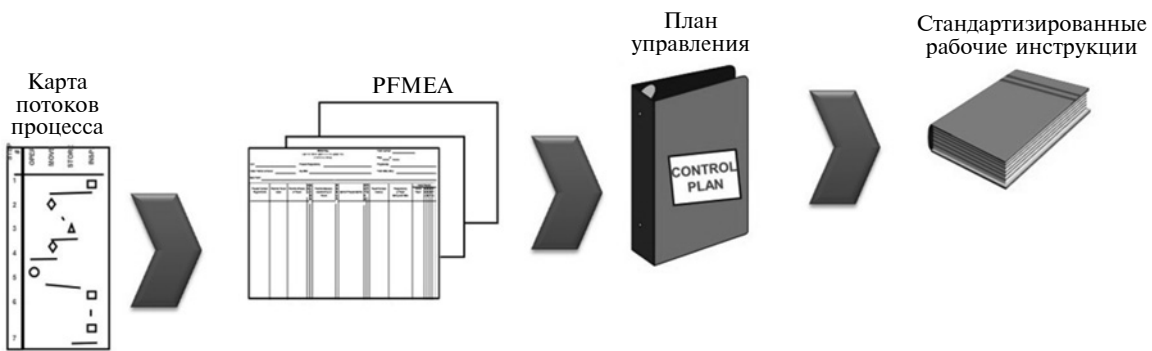


Рис. 3. Процесс одобрения производства частей



Рис. 4. Последовательность и содержание работ при валидации

ным испытательным образцам тако- вы: требования к химическому со- ставу; требования к поверхностной обработке; требования к механи- ческим свойствам; требования к фи- зическим свойствам (толщина, до- пуски измерений, окрашиваемость, требования к поверхностной обра- ботке и др.); требования к микро- структуре; требования к обрабаты- ваемости (свариваемость, формуе- мость и др.); требования к эксплуа- тации и утилизации.

Валидация на уровне материала "Жидкости"

Потенциальный поставщик дол- жен быть номинирован со стороны GM как поставщика материала. Требования для каждой жидкости должны быть извлечены из SOR. Предлагаемая версия должна соот- ветствовать применяемой в САП технологии производства. Основные требования, предъявляемые (в зави- симости от места использования) к жидкостям: испытание на уровне комплектующей части; ресурсные испытания на уровне комплектую-

щей части и автомобиля; испытания к долговечности. Поставщик за свой счёт обязуется провести все испыта- ния, указанные в SOR, в аккредито- ванных лабораториях, согласно сро- кам, указанным в плане и отчете ис- пытаний (ADVP&R — approval/de- velopment/validation plan and report). По завершении процесса валида- ции дирекцией инженерной про- дукции и качества поставщиков вы- носится решение с утверждением формы САП.

Валидация на уровне комплектующей части — "Пластмассовые части интерьера и экстерьера"

Характеристики выбираемого сырья должны соответствовать тре- бованиям внутренних стандартов САП и внешних стандартов (JIS, ASTM, ISO, DIN, требования к транспортировке должны выпол- няться. Требования к стандартным испытательным образцам (к хими- ческому составу и механическим свойствам) должны выполняться. Требования к размеру комплектую-

щей части и другие функциональ- ные требования должны выпол- няться. Выбираются лаборатории с сертификатом ИСО 17025 для про- ведения испытаний. Поставщик отвечает за проведение испытаний (договор, оплата, сроки, ...). Вали- дация комплектующих показана на рис. 5.

Валидация на уровне процесса — "Неокрашиваемые детали кузова из листового металла"

Характеристики выбираемого сырья должны соответствовать тре- бованиям внутренних стандартов САП и внешних стандартов (JIS, ASTM, ISO, DIN). Требования к транспортировке должны выпол- няться. Требования к стандартным испытательным образцам (к хими- ческому составу и механическим свойствам) должны выполняться. Требования к размерам должны вы- полняться на 200 % (оснастка + ме- рительный шаблон + деталь). Вали- дация кузовных деталей показана на рис. 6.



Рис. 5. Валидация комплектующих

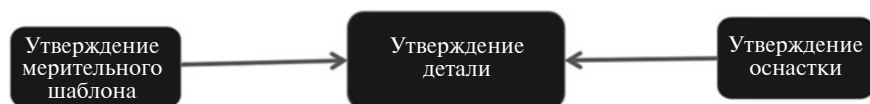


Рис. 6. Валидация кузовных деталей

Валидация на уровне комплектующей части — "Металлические части"

Перечень испытаний составляется согласно требованиям в *SOR* детали со ссылкой на нужные *ISO*, *ASTM* и др. План и отчёт испытаний (*ADVP* — *approval/development/validation plan*) составляется поставщиком. Сроки испытаний согласовываются с САП. Выбираются лаборатории с сертификатом ИСО 17025 для проведения испытаний. Поставщик отвечает за проведение испытаний (договор, оплата, ...). Отчёты испытаний представляются САП.

Валидация на уровне агрегата и узла (*system validation*)

По документации — одинаково с валидацией на уровне компонента. Обычно испытываются совместно с другими компонентами и агрегатами.

Валидация автомобиля (*vehicle validation*)

Перечень сертификационных испытаний получается из "Сатр-Фонд". РФ. Испытание автомобилей проводятся на полигонах и лабораториях (НИЦИАМТ НАМИ, "Связь — Сертификат"). Например, для легкового автомобиля категории М1 это: 29 требований ЕЭК ООН; 8 требований ТР РФ.

Перечень комплектующих, которые требуют отдельной сертификации по требованиям ЕЭК ООН, упоминаются в Техническом Регламенте импортирующей стороны. Это: фонарь освещения заднего номерного знака; указатели поворотов пе-

редние, задние и боковые; габаритные огни задние и передние, стоп-сигналы основные и дополнительные; ремни безопасности задние и передние; головные фары; фонарь заднего хода; звуковой сигнальный прибор; пневматические шины; задний противотуманный фонарь; дневные ходовые огни; безопасные ветровые и другие стекла; зеркала заднего вида наружные и внутренние; двигатель; катушка зажигания; электронный блок управления (ЭБУ); система выпуска (передние и задние глушители, нейтрализатор); воздушный фильтр.

Виды комплектующих по возможности локализации

Black Box — комплектующие части, для которых нет стандартов по проектированию и комплектации у автозавода САП. Чертежи таких деталей не могут быть предоставлены со стороны САП.

Grey Box — комплектующие части, на которые не имеются стандарты по проектированию и комплектации у автозавода САП. Проектирование и испытание проводится совместно с поставщиком на территории САП. САП может передать чертежи такой детали с одобрения оригинального поставщика.

White Box — комплектующие части, которые проектируются и испытываются непосредственно автозаводом САП. Интеллектуальная собственность принадлежит автозаводу *JAC*. Со стороны САП есть возможность передачи чертежей данных деталей для локализации.

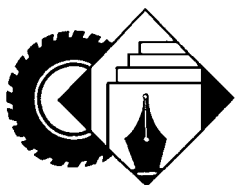
Процесс одобрения производства частей

Во время *PPAP* утверждаются следующие документы: инженерное утверждение заказчика; технологические чертежи; перечень инженерных изменений; *FMEA* по конструкции; карта потоков процесса; *FMEA* по процессу; план управлений; статус пробного запуска; результаты измерений; характеристика материала; статистический контроль процесса; анализы измерительных систем; свидетельство об аккредитации; утверждение внешнего вида измерительные инструменты; пробный запуск у заказчика; *PPAP* субпоставщика; сравнительный анализ; схемы расположения; перечень используемых оснасток.

В заключение нелишне перечислить *причины основных проблем у местных поставщиков* по качеству и другим пунктам, на преодоление которых собственно и направлена описываемая валидация. Более 80 % несоответствий по качеству связаны с несвоевременным планово-предупредительным ремонтом оснастки и оборудования. Несвоевременные ремонты в свою очередь связаны с несоответствующим планированием расходов, утечкой технических кадров, отсутствием технологической дисциплины и др. Руководство многих предприятий не расположено документировать и выполнять свои обязательства по качеству, что можно связать с отсутствием у него планов по технологическому развитию. Как видим, жёсткий подход к выбору поставщика в этих условиях совершенно необходим.

Литература

1. Жаманов И.Т. Технология окраски кузовов // Технология машиностроения — журнал "Промышленность Казахстана", № 3, 107, Алматы, 2019. — С. 56—58.
2. Матвеев В.В. Размерный анализ технологических процессов. — М.: Машиностроение, 1982.
3. Балакшин Б.С. Основы технологии машиностроения. — М.: Машиностроение, 1982. — Т. 2.
4. Маталин А.А. Технология машиностроения. — Л.: Машиностроение, Ленинградское отделение, 1985.
5. Роботизированный технологический комплекс и гибкие производственные системы в машиностроении, под. ред. Соломенцева Ю.М. М.: Машиностроение, 2001.
6. Сайт консалтинговой компании BCG, <https://www.bcg.com/>



УДК 658.53

РЫНОК ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ В РОССИИ

Д-р техн. наук **ФАСХИЕВ Х.А.**

Уфимский государственный авиационный ТУ,

Уфимский филиал Финансового университета

(faskhiev@mail.ru)

Описаны тенденции российского рынка электромобилей. Отмечено, что объёмы продаж электромобилей в России небольшие, но темпы роста рынка не уступают мировым. Выявлены факторы, препятствующие росту рынка автомобилей на электроприводе. Российский рынок электромобилей характеризуется высокой ценой импортных электромобилей, отсутствием субсидий и льгот их покупателям и производителям, официальных дилеров, слабым развитием инфраструктуры зарядки, условиями эксплуатации. Несмотря на это начался интенсивный рост продаж электромобилей в стране. Приведены статистические данные продаж, сегментация рынка по моделям, структура парка, состояние зарядной сети. Развитие рынка в будущем будет определяться темпами снижения цен на аккумуляторы и предоставлением господдержки покупателям и производителям "зеленого" транспорта.

Ключевые слова: электромобиль, рынок, продажи, цена, субсидии и льготы, производство, аккумуляторная батарея, зарядная станция.

Faskhiev Kh.A.

ELECTRIC CARS MARKET IN RUSSIA

The trends of the Russian electric car market are described. It was noted that electric car sales in Russia are small, but the market growth rate is not inferior to the world. The factors hindering the growth of the electric car market were identified. The Russian market of electric vehicles is characterized by the high price of imported electric vehicles, the absence of subsidies and benefits to their customers and manufacturers, official dealers, poor development of the charging infrastructure, and operating conditions. Despite this, an intensive growth in electric vehicle sales in the country began. Statistics of sales, market segmentation by model, fleet structure, state of the charging network are given. Future market development will be determined by the rate of decrease in battery prices and the provision of state support for buyers and manufacturers of green vehicles.

Keywords: electric car, market, sales, price, subsidies and benefits, production, battery, charging station.

В начале второго десятилетия XXI века в мировой автомобильной индустрии наметился переход на электрический привод. К концу 2019 г. число электромобилей в мире достигло восьми миллионов (1,3 % парка), а к 2040 г., по мнению экспертов, оно превысит 400 млн. Международное энергетическое агентство не исключает сценария, при котором к 2040 г. на дорогах будет 930 миллионов электромобилей, что составит около 50 % мирового автопарка. Если 10 лет назад мировые продажи электромобилей не превышали 7 тыс., то только за первое полугодие 2019 г. их было продано 1134 тыс., что на 46 % больше, чем за тот же период прошлого года [1]. В годовом исчислении объём продаж составляет 2800 тыс. (табл. 1). Из них на "чистые" электромобили, оснащённые только электромотором и блоком аккумуляторов, пришлось 74 % продаж,

а на подключаемые гибриды — 26 %. Доля же электромобилей в общем объёме продаж АТС достигла 2,5 %.

Процесс этот по странам идёт неоднородными темпами. Так, из проданных в 2018 г. 2018,2 тыс. электромобилей львиная доля пришлась на Китай — 1256 тыс. (+80 %), Европу — 400 тыс. (+30 %) и США — 360 тыс. (+80 %). В Норвегии доля электромобилей в продажах перевалила за 50 %. В Китае парк электромобилей превысил 3,7 млн единиц. По всему миру интенсивно развивается и сеть зарядных станций: число стандартных превысило 320 тыс., а станций быстрой зарядки — 120 тыс. [2].

Начиная с 2010 г. в странах, где правительства активно поддержали покупателей и производителей "зелёных" транспортных средств, начался лавинообразный рост их числа [3]. С 2010 г. цены на электромобили упали на 65 %. По прогнозам стоимость владения электромобилем и автомобилем с ДВС в сегменте С сравняется в 2022 году, а в сегменте кроссоверов — уже к 2020 году. Эти прогнозы основаны на том, что цена самого дорогого элемента электромобиля — литий-ионного аккумулятора стремительно падает. Если три года назад его стоимость доходила до половины стоимости автомобиля, то сегодня она упала до 33 %, а к 2022 г. снизится до 20 % [4].

Другой фактор роста продаж электромобилей связан с тем, что у крупнейших автоконцернов начался процесс смещения структуры модельного ряда в пользу автомобилей на электрической тяге. 29 крупнейших автопроизводителей в ближайшие 5—10 лет намерены инвестировать 300 млрд долл. США в электромобили (табл. 2) [20]. Так, инвестиции у производителей в технику с электротягой в 2018 г. по сравнению с 2017 г. удвоились и достигли 8,4 млрд евро, в то время как вложения в модели с ДВС сократились на 16 %. Немецкие автогиганты "Фольксваген", БМВ и "Даймлер" к 2023 г. планируют утроить ассортимент электромобилей до 150 моделей, инвестировать 50 млрд евро в проекты освоения их производства. "Вольво" и "Даймлер" в 2019 г. прекратили разработки новых моторов на традиционном топливе и сосредоточились на электрификации проектируемых моделей. "Фольксваген" намерен выпустить последний автомобиль с ДВС в 2040 г., а с 2022 г. основную часть моделей уже составят электромобили.

Таблица 1

Год	Динамика продаж электромобилей [5—7]			
	в мире		в России	
	продажи, тыс. шт.	прирост, %	продажи, шт.	прирост, %
2019	2800	+38,7	360	+150,0
2018	2018,2	+57,6	144	+51,6
2017	1280,2	+64,9	95	+14,4
2016	776,3	+41,6	83	-28,5
2015	548,2	+69,5	116	+41,4
2014	323,4	+58,8	82	-14,6
2013	203,6	+72,4	96	—
2012	118,1	+148,1	н. д.	—
2011	47,6	+600,0	н. д.	—
2010	6,8	—	н. д.	—
2005	1,89	—	н. д.	—

Производитель электромобилей № 1 — "Тесла" наращивает объём выпуска с каждым кварталом. В III квартале 2019 г. объёмы производства компании достигли 96,2 тыс. ед. (+10,5 % П кварталу), чистая прибыль составила \$143 млн. На "Модель 3", цены на которую начинаются от 35 тыс. долл., приходится 83 % производства. Кстати, эта модель в октябре 2019 г. освоена на первом зарубежном заводе фирмы в Шанхае, который был построен менее чем за 10 месяцев. Мощность "Гигафактори 3" составляет 3 тыс. электромобилей в неделю. Второй "Гигафактори" за рубежом компания планирует запустить

в 2021 году в Берлине, где будет выпускать батареи, двигатели и электромобили, в частности новая "Модель Y". Перспективы компании ярко просматриваются на примере его футуристического пикапа "Кибертрак". Компания в течение трёх дней после его презентации в ноябре 2019 г. получила более 200 тыс. заказов и начинает серийное производство пикапа в 2022 году. В зависимости от комплектации пробег на одной зарядке у "Кибертрака" составляет от 400 до 800 км, разгон до 100 км/ч — меньше 3 секунд. Электромобиль оснащён автопилотом, адаптивной подвеской. Цены на этот пикап начинаются с 39,9 тыс.

Таблица 2

Компания	Инвестиционные намерения автопроизводителей [20]
"Фольксваген-Ауди-Порше"	Объём инвестиций 91 млрд \$; из них 57 — на закупку батарей до 2025 г. К 2025 г. планируется разработать 50 моделей аккумуляторных и 30 гибридных моделей. Совместные инвестиции с SAIC, FAW и JAC составят 17 млрд \$ к 2022 г.
"Даймлер"	Объём инвестиций 42 млрд \$; из них 30 — на аккумуляторы. Планируется представить 130 электрифицированных автомобилей, включая гибриды и топливные элементы. К 2020 г. бренд "Смарт" станет полностью электрическим, будут освоены электрические фургоны и грузовики. Совместные инвестиции с китайским BAIC составят 1,9 млрд \$.
"Хёндэ-Киа"	Объём инвестиций 20 млрд \$. К 2025 г. планируется освоить выпуск 14 моделей электромобилей, 12 гибридов и 2 модели на топливных элементах. 6,7 млрд \$ инвестируются в топливные элементы и на разработку спецплатформы для электромобилей.
"Чаньян"	Объём инвестиций 15 млрд \$. К 2025 г. планирует прекратить производство автомобилей с ДВС, освоить более 20 моделей электромобилей и 12 гибридов.
"Тойота"	Объём инвестиций до 2030 года 13,5 млрд \$. Планирует освоить 10 моделей в Китае к 2020 г., создать электрифицированные версии всех моделей к 2025 г.
"Форд"	Объём инвестиций 11 млрд \$. К 2022 г. планирует освоить 24 гибридных и 16 моделей электромобилей. К 2025 г. 70 % автомобилей, выпускаемые в совместных предприятиях в Китае будут иметь варианты электрифицированной трансмиссии.
"ФИАТ-Крайслер"	Объём инвестиций 10 млрд \$. К 2022 году "Джип FCA" предложит рынку 10 гибридов и 4 электромобили, "Мазерати" выпустит 8 гибридов и 4 электромобили, "Альфа Ромео" будет электрифицировать всю свою линейку.
"Рено-Ниссан", в том числе: "Ниссан" "Рено"	Альянс имеет шестилетний бюджет на исследования и разработки в размере 20 млрд \$. До 2022 г. планирует освоить выпуск 17 электромобилей. Собственных моделей — 8. Совместно с "Донфен" инвестируют \$9 млрд в создание 20 электрифицированных автомобилей, в Китае. Инвестирует \$335 млн в завод по выпуску электромобилей и аккумуляторов в Таиланде. Собственных моделей — 9. Совместное предприятие с "Бриллианс" со стоимостью 220 млн \$ специализируется на производстве электромобилей в Китае.
"Тесла"	Объём инвестиций на 2019—2020 гг. 10 млрд \$. Завод в Шанхае по производству электромобилей и аккумуляторов будет стоить 5 млрд \$, столько же завод по производству аккумуляторов в Неваде.
"Дженерал Моторс"	Объём инвестиций 8 млрд \$. К 2023 г. планирует выпустить 23 новых электромобили, а к 2025 г. все модели "Шевроле", "Бьюик" и "Кадиллак" будут иметь электрифицированные версии. Совместно с SAIC будут производить аккумуляторы в Китае.
"Грейт Уолл"	Планирует в сотрудничестве с БМВ в течение 10 лет инвестировать 8 млрд \$ в разработку гибридов и электромобилей.
"БМВ-Мини"	Объём инвестиций 6,5 млрд \$. Планирует создать 12 электромобилей и 13 гибридов. Инвестирует 340 млн \$ в завод по производству электромобилей в Лейпциге и 225 млн \$ в завод по изготовлению батарей в Мюнхене. Совместно с "Грейт Уолл" инвестирует 770 млн \$ в разработку и производство мини-электромобилей в Китае.
GAC	Объём инвестиций 6,5 млрд \$. К 2020 г. освоит производство 10 электромобилей и 10 гибридов. Совместно с BYD создадут электробусы и строят индустриальный парк для разработки и производства электромобилей.
JAC	Объём инвестиций \$6 млрд. Производить электромобили в Китае совместно с "Фольксвагеном". Они также выпускают автомобили по лицензии для "Ниссан" и "Форд".
"Махиндра"	Объём инвестиций 5,5 млрд \$. Электромобили разрабатывает с дочерней компанией "Пининфарина".
"Джели"	Объём инвестиций 5 млрд \$. Создаёт центр по производству электромобилей в Китае. У компании есть совместное предприятие с "Канди" по бюджетным электромобилям.
SAIC	Объём инвестиций 3,8 млрд \$ до 2020 г. на разработку электромобилей и аккумуляторов с партнёром GM. Совместно инвестирует 2,45 млрд \$ с партнёром VW в новый завод по производству электромобилей в Китае.
"Донфен"	Объём инвестиций 4,5 млрд \$. К 2023 г. планирует освоить 40 электромобилей. С 2019 г. производит электромобили с альянсом "Рено-Ниссан".
BYD	Объём инвестиций 3,86 млрд \$. Планирует увеличить производство электромобилей в Китае в четыре раза, строит электрогрузовики с GAC.
BAIC	Объём инвестиций \$2,45 млрд. К 2025 г. планирует прекратить производство автомобилей с ДВС. До 2022 г. совместно с "Даймлер" инвестирует 1,9 млрд \$ в электрификацию выпускаемых моделей. Дочерняя BJEV вкладывает 1,5 млрд \$ в производство 500 тыс. электромобилей в год.
"Ягуар-Ленд Ровер"	Объём инвестиций 2,34 млрд \$. К 2020 г. планирует предложить электрифицированные версии всех своих автомобилей.
Другие	Объёмы инвестиций, млрд \$: "Тата" — 0,9; ПСА — 0,77; "Вольво" — 0,725; "Хонда" — 0,545; "Чери" — 0,435; FAW — 0,25; "Мазда" — 0,25

долл. При таких характеристиках рыночный успех модели гарантирован.

Россия, с её богатыми нефтяными и газовыми запасами и лояльными экологическими требованиями, находится пока вне мирового тренда. В 2018 г. в РФ продано 144 новых (+51,6 %) и около 2239 подержанных электрокаров, что в 2,1 раза больше, чем годом ранее [8]. Каждый пятый электрокар в стране зарегистрирован в Приморье (735 шт.), что выше суммарного объёма парка электромобилей в Москве (405), Подмоскowie (141) и Петербурге (106). В числе лидеров также Хабаровский край — 308 электромобилей, Иркутская область — 299, Краснодарский край — 289, Амурская область — 147 единиц. В 75 субъектах РФ имеется хотя бы по один электрокар [8]. За январь—сентябрь 2019 г. парк электромобилей увеличился 1,74 раза и на 1.10.2019 г. составил 6216 единиц, что 0,01 % общего парка легковых автомобилей страны (см. табл. 3).

Модельный ряд электрокаров в России пока крайне скуден — всего 8 моделей. 78 % парка приходится на одну модель — "Ниссан Леаф" (5162 шт.). И это несмотря на то, что эта модель в России официально не продаётся. Пока "Ниссан" лишь рассматривает возможность вывoda своих электромобилей на российский рынок. Второе место в рейтинге (346 шт.) занимает "Мицубиси" (мод. i-MiEV), за ним две модели "Теслы" — S (223 шт.) и X (148 шт.) [8].

За январь—сентябрь 2019 года, несмотря на отсутствия в России официальных продаж, объём рынка новых электромобилей вырос втрое по сравнению аналогичным периодом 2018 г. — с 86 единиц до 261. В 2019 г. существенно изменились и предпочтения россиян по маркам. На рынке появился новый лидер — 40,6 % пришлась на долю "Ягуара" (мод. I-Pace), продажи которого стартовали в декабре 2018 года. В тройку лидеров продаж вошли также "Ниссан" и "Тесла" (см. табл. 3).

Электрический "Ягуар" — пока единственная модель, продаваемая на российском рынке официальными дилерами. Этот автомобиль в Нью-Йоркском автосалоне был признан "Лучшим автомобилем 2018 года". Правда, цена у данной модели довольно высока — 6,9 млн руб. Средняя цена электромобилей на рынке в 2019 г. составляла 1297,3 тыс. рублей, что на 15 % больше, чем годом ранее [9]. Самый же продаваемый электрокар — "Ниссан" в зависимости от года выпуска и комплектации стоил от 500 тыс. до 1,8 млн руб. Самым дорогим электромобилем, представленным в России был "Тесла X", цена которого колеблется от 6 до 13 млн руб., а самая доступная модель — "Мицубиси Миникэб" — от 420 тыс. руб.

Объём продаж электромобилей в РФ пока не превышает 0,01 % общемирового уровня. Однако следует учитывать динамику. В Норвегии, например, где электромобили в 2019 г. продаются больше, чем бензиновые, процесс электризации начинался с таких же небольших цифр. В 2010 г. в Норвегии было продано 390 электромобилей, то через 8 лет — 72,6 тыс. единиц, т.е. в 186 раз больше. Среди новых автомобилей, зарегистрированных в Норвегии в 2019 г. 52 % имели нулевой уровень выбросов, годом ранее — 32 % [10]. Секрет

Таблица 3

Марка	Модель	Продажи электромобилей в России за январь—сентябрь 2019 г., шт. (%)		Парк электромобилей в РФ на 1 октября 2019 г., шт.
		спробегом	новые	
"Ниссан"	Leaf	2260 (94,8)	102 (39,1)	5162
"Мицубиси"	i-MiEV	51 (2,1)	—	346
"Тесла"	3, S, X	26 (1,1)	48 (18,4)	393
БМВ	i3	20 (0,8)	—	39
"Лада"	Ellada	18 (0,8)	—	114
"Рено"	Twizy	6 (0,2)	5 (1,9)	44
"Ягуар"	I-Pace	4 (0,2)	106 (40,6)	110
Всего		2385 (100)	261 (100)	6208

Транспортное средство	Ставка налога, % от цены
Электромобиль (до 3 лет), не дороже 8500 евро, ввозимый физическим лицом	Единая ставка 54 %
Электромобиль (до 3 лет), дороже 8500 евро, ввозимый физическим лицом	Единая ставка 48 %
В остальных случаях	НДС 20 % + акциз

успеха Норвегии в государственных льготах и преференциях владельцам электрокаров. Во-первых, они здесь освобождены от НДС и налога на покупку. В результате ряд электромобилей на рынке дешевле, чем бензиновых аналогов. Во-вторых, муниципалитеты предоставляют владельцам экологических машин бесплатные парковки, зарядка тоже бесплатна, электромобилем разрешено ездить по полосе общественного транспорта. В 2025 г. Норвегия планирует прекратить продажу автомобилей на нефтяном топливе.

В России же рынок электромобилей только зарождается. В последние три года он растёт такими же темпами, как и мировой (см. табл. 1). При нынешнем темпе роста через 8 лет он вдвое превысит ёмкость норвежского рынка. В стратегии развития автомобильной промышленности России предполагается, что доля электротранспорта в объёме продаж в 2020 г. составит 1,5 % (25 тыс.), а в 2025 году — 5 %.

Небольшой объём продаж электромобилей в России сегодня объясняется их дороговизной, что связано высокой стоимостью литий-ионного аккумулятора, доля которой в цене автомобиля доходит 45—48 %. Но ситуация быстро меняется. В 2019 г. стоимость батарей в цене автомобиля упала до 33 %. Отечественный автопром за эти годы так и не освоил производство автомобилей на электротяге. Импортный электрокар стоит в среднем в 1,5 раза дороже, чем в стране производителя. Импортная пошлина в России бензиновых машин рассчитывается исходя из возраста и объёма двигателя, а для электромобилей методика расчёта другая — из его стоимости (табл. 4). Пошлина на ввоз легковых электромобилей для юрлиц составляет 17 %. Если мощность электродвигателя превышает 150 л. с., то необходимо платить ещё акциз в размере 37 руб./л. с. (при мощности 90—150 л. с.) и 365 руб./л. с. при мощности более 150 л. с. Для физических лиц удорожание нового электрокара при учёте акциза, утилизационного и таможенного сбора превышает 50 %.

Электромобили обычно покупают богатые люди, на роль второго автомобиля. По данным Национальной технологической инициативы "Автонет" 34 % россиян электромобили купили для статуса. Более 78 % владельцев или потенциальных покупателей электрокаров — люди с ежемесячным доходом более 200 тыс. рублей, а таковых в России не превышает 1 % [11]. В 2019 г. медианная зарплата в России составила 34 335 руб. в месяц, у 90 % работников зарплата не превышала 25,6 тыс. руб. [12].

Как и любая проблема, малый объём продаж электромобилей в России имеет не одну, а целый комплекс причин. Практика показывает, что парк электромобилей быстро растёт в тех странах, где их покупка стимулируется субсидиями, снижением налогов и другими преференциями [13]. Наиболее эффективными являются два направления господдержки: 1) субсидирование покупки электромобилей, 2) развитие сети зарядных станций.

Россия не может похвастаться стимулирующими мерами покупателей электромобилей. Правда, в некоторых городах для "зелёного" транспорта отдельные преференции существуют. Так, в Московской, Калужской области, в Санкт-Петербурге, а с 2020 г. и в Москве на электромобили отменён транспортный налог. В Москве и Санкт-Петербурге парковка для них бесплатна. В Госдуме внесён проект поправок закона "Об организации дорожного движения в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации", где предусматривается освободить вла-

дельцев электромобилей от платы за парковку. На электромобили в Москве не будет распространяться "налог на роскошь", применяющийся для автомобилей стоимостью свыше 3 млн рублей. Не решена и проблема исчисления транспортного налога на электромобили. Они, как правило, оснащаются мощными электродвигателями. Транспортный налог для них может составить сотни тысяч рублей. Например, на "Теслу S" в Башкортостане он составляет 78 тыс. руб. в год!

В ЕАЭС в 2016 г. для юридических лиц были введены нулевые таможенные ставки на электромобили, однако в августе 2017 г. они были отменены.

В ноябре 2018 г. на заседании Евразийского межправительственного совета было подписано распоряжение "О плане мероприятий по обеспечению стимулирования производства и использования колёсных транспортных средств с электрическими двигателями в государствах — членах Евразийского экономического союза на 2018—2020 гг.". Согласно плану ставится задача в 2020 г. принять нормативно-правовые акты по освобождению собственников электротранспорта от транспортного налога. Им будет предоставлено также право пользования бесплатными парковками, оснащёнными зарядными станциями, бесплатного проезда по платным дорогам, передвижения по полосам для общественного транспорта. Распоряжение предусматривает стимулирование организаций, создающих сеть зарядных станций. Планируется представить им льготы, оформление разрешительной документации будет иметь упрощённый порядок. Для производителей электромобилей и их компонентов планируется представить субсидии из бюджета.

Существенным препятствием распространению электромобилей в России является холодный климат. При минусовых температурах литий-ионные аккумуляторы могут терять до 30 % ёмкости. Система подогрева аккумуляторов будет потреблять часть энергии, и тем самым сокращать дальность поездок. Кроме того, в зимний период на обогрев салона и освещение расходуется до 15 % ёмкости батареи. В итоге и без того "скромный" запас хода может уменьшаться до 100÷150 км. Дальность поездки на одной зарядке можно поддержать программированием прогрева салона до поездки, пока автомобиль запитан в сети. Электромобили хорошо подходят для теплых стран. Правда, там летом жарко, а использование кондиционера также уменьшает запас хода.

В России бытует мнение, что использование природного газа в качестве моторного топлива более выгодно и экологично, чем электромобилей. Газомоторная техника считается более приоритетной, т.к. для того, чтобы получить электроэнергию, нужно сначала её выработать, а значительная часть электроэнергии вырабатывается на "грязных" угольных электростанциях. Однако угольные электростанции в РФ вырабатывают лишь 17 % электроэнергии, тогда как 51 % — газовые. Последние тепловую энергию от сжигания топлива используют на 50—60 % эффективнее, чем газовые ДВС автомобилей. КПД современных газотурбинных электростанций с комбинированным циклом превышает 51 %, а при утилизации уходящих газов, общий КПД достигает уже 93 % [14]. Для генерации 1 кВт·ч энергии на электростанции сжигается около 7200 кДж газа. При расходовании на движение автомобилем В-класса в городе 15 кВт·ч/100 км для генерации электроэнергии на 100 км пути электромобиля, на электростанции надо сжечь 108 мДж газа. Аналогичный автомобиль с газовым ДВС на 100 км пути при езде по городу в среднем будет расходовать 6 м³ газа, т.е. будет тратить около 280 мДж энергии [15]. Как видно, электромобиль в городском режиме езды в 2,6 раза эффективнее использует газовое топливо, чем его аналог с газовым двигателем. Кроме того, на электростанциях есть потенциал использования тепловых отходов в полезных целях, тогда как у автомобиля когенерация ограничена обогревом салона. Еще один немаловажный фактор: выбросы газовой электростанции локализованы вне населённых пунктов. Как видим, газ гораздо выгоднее сжигать на электростанции.

Электромобиль экологически эффективнее, чем автомобиль с газовым ДВС, даже когда электричество генерируется на угольных электростанциях [3, 5]. Газовые электростанции вы-

брасывают в среднем 400 г CO₂ на 1 кВт·ч вырабатываемой электроэнергии. Согласно данным комиссии охраны окружающей среды США (EPA) при сжигании одного литра бензина, производится около 2,35 кг CO₂. На 100 км пути автомобиль с бензиновым ДВС выбрасывает около 16 кг CO₂, с газовым — около 10 кг. Для обеспечения такого же пробега аналогичному электромобилю потребуется 15 кВт электроэнергии, при выработке которой на газовой электростанции в атмосферу будет выбрасываться не более 6 кг CO₂. Соответственно, эквивалентные выбросы CO₂ в атмосферу у электромобиля в городском режиме езды в 2,7 раза ниже, чем у бензинового автомобиля. Правда, при выработке энергии на угольной электростанции выбросы составят 12 кг, но этот показатель все равно ниже, чем у бензинового автомобиля [16]. Как по экономичности, так и по экологичности электромобили превосходят автомобили с двигателями на нефтегазовом топливе [3]. Эти сведения дают основание утверждать, что перспективы за электромобилями.

Доступность электрокаров для россиян можно повысить, обнулив таможенные пошлины, НДС, отменив транспортный налог на них, либо освоив их производство в стране. В Минпромторге России считают, что нулевые пошлины для электромобилей "негативно влияют на развитие их производства в России". Пока в России электромобили не производятся. В стратегии развития автомобильной промышленности, утверждённой распоряжением правительства РФ от 22.02.2019 г. № 263-р, электромобили включены в перечень высокотехнологичной продукции автопрома, локализация производства которых на территории РФ имеет критическое значение.

Российские проекты электрокаров "Маруся" и "Ё-мобиль", которым предрекали большое будущее, на фоне экономической нестабильности в стране развалились. Освоенная в 2012 г. АвтоВАЗом электрическая ВАЗ-1817 (Ellada) на базе "Калины" была продана в количестве всего 96 штук. Автомобиль был оснащён электромотором швейцарского производства и китайскими литий-ионными батареями, имел пробег на одной зарядке 150 км. При этом цена его была в 2,5 раза дороже бензиновой "Лады Калины". Естественно, он не пользовался спросом, проект закончился не начавшись: было выкуплено всего 5 машин, а остальные так и остались на заводе и распроданы впоследствии со скидкой.

С учётом этого опыта была разработана другая модель — "Веста EV" с электродвигателем мощностью 60 кВт. Литий-ионная батарея здесь имеет значительно лучшие характеристики. Электрокар способен в летнее время преодолеть 150—200 км без подзарядки. На полную зарядку требуется 9 часов, а при наличии доступа к трёхфазной сети зарядка займёт в два раза меньше времени. Время разгона до 100 км/ч составляет 15 с, а максимальная скорость — 150 км/ч. Характеристики "Весты EV" явно уступают показателям импортных аналогов. В продаже пока этого автомобиля нет. Опытные автомобили заводу обошлись в сумму около 3 млн руб. каждый. При такой цене рыночные перспективы данной модели "туманны".

Старт-ап из Тольятти "Зетта" в 2019 г. анонсировала продажу бюджетного электромобиля отечественного производства, который в базовой комплектации с пробегом в 200 км обойдётся покупателю в 450 тыс. рублей. Это будет небольшой трёхдверный "сити-мобиль" с электроприводом на два или четыре колеса. В конструкции все комплектующие, кроме аккумулятора, будут российского производства. Правда, в денежном эквиваленте китайский агрегат будет составлять половину стоимости электромобиля. Функцию мотора выполнят асинхронные мотор-колёса собственной разработки. Ёмкость батареи — 10...32 кВт·ч. Пробег автомобиля на одной зарядке составит соответственно 200...560 км. "Зетта" планирует создать производство мощностью 15 тыс. электромобилей в год. НИОКР проекта был поддержан Минпромторгом, а создание производства — Фондом развития моногородов. Инвестиции в проект составили около 450 млн рублей. Компания намерена освоить производство в I квартале 2020 г. План на год 2 тыс. машин, а потом довести это число до 15 тыс. [17].

Учитывая горький опыт предыдущих проектов освоения электромобилей в России, эксперты на перспективы "Зетты" смотрят настороженно. Уложится ли компания в заявленную цену, удастся ли освоить производство оригинального электродвигателя? Многие российские разработки, когда их комплектуют импортными агрегатами, становятся неконкурентоспособными и не доходят до рынка. К сожалению, других автоновинок в области электромобилей от российских производителей нет. Для сравнения, в сентябре 2019 г. на автосалоне во Франкфурте "Фольксваген" представил сразу 23 новые модели электрокаров. Такая же картина и на стендах других производителей — львиная доля концептов оснащена электрическим приводом.

В России автомобили эксплуатируются в суровых климатических условиях, и запас хода продаваемых электромобилей, как видим, пока недостаточен для эксплуатации на магистралях, особенно в зимний период. Правда, вновь осваиваемые модели рассчитаны уже на пробег в 300...500 км на одной зарядке. Увеличение ёмкости батарей, разумеется, приводит к увеличению их цены, и производители стараются придерживаться "золотой середины".

В России инфраструктура сервиса электромобилей развита недостаточно. Электрокары, за исключением "Ягуара", в Россию завезены неофициально, не имеют фирменных сервисных центров. Остро стоит проблема создания зарядной инфраструктуры. В 2015 г. Правительство РФ приняло постановление, по которому все российские АЗС (их более 60 тыс.) до 1 ноября 2016 г. должны были оборудовать зарядными устройствами для электромобилей. Однако по причине отсутствия спроса на услуги по зарядке аккумуляторов АЗС проигнорировали данное постановление. В России часть потенциальных покупателей воздерживаются от приобретения электромобиля из-за слабого развития сети зарядных станций, инвесторы не хотят вкладываться в электрозаправки из-за малого числа электромобилей. Проблема эта из серии "курица—яйцо", и она может быть решена комплексной программой развития электротранспорта, которая охватывала бы вопросы стимулирования покупателей, развития инфраструктуры, предоставления преференций владельцам экологичного транспорта.

По оценкам экспертов BCG в России насчитывается порядка 300 станций зарядки [8] (0,05 станций на 1 электрокар). В Москве и Московской области, где сосредоточена основная часть российского парка электромобилей, по данным МОЭК их около 210. Для примера, в Амстердаме порядка 20 тыс. электрозаправок. Пример стран с активно развивающимся рынком электромобилей демонстрирует соотношение электромобилей и электрозаправок в пропорции 10:1 (США), 5:1 (ЕС). По уровню обеспеченности зарядными станциями лидируют Нидерланды с 0,27 станции на один электромобиль, далее следуют Германия — 0,22, Китай — 0,17 и Япония — 0,14 (при среднем значении по миру — 0,14) [2]. Практика показывает: чем зарядных станций в населенном пункте больше, тем электромобили там популярнее.

Зарядные станции могут быть созданы довольно быстро. Так, в Великобритании в 2012—2019 гг. было создано 9,3 тыс. электрозаправок, и их число превзошло количество заправок для бензиновых автомобилей. В Японии установлено более 40 тысяч зарядных станций, что на 5 тыс. больше, чем число бензиновых заправок. Большое внимание в Японии уделяется развитию скоростных "зарядок", и сейчас их в стране более 6,5 тыс. В США в 2011 г. было 5070 зарядных станций, а в 2019 г. их число выросло до 20 тыс., которые содержат 68 тыс. зарядных портов, из них 10,9 тыс. — скоростные. К концу 2019 года Китай подключила более одного миллиона точек зарядки. На каждые 100 км китайских дорог с твёрдым покрытием приходится 3,5 условной точки зарядки [18].

Стоит отметить, что существующая сеть зарядных станций в России загружена менее чем на 1 % от её возможностей. По московскому региону на одну зарядную станцию в день приходится 0,6—0,7 сессии, то есть заряжается менее одного электромобиля в день. Отсюда и низкая активность инвесторов в данном бизнесе. Развитие зарядной инфраструктуры в основном

идёт за счёт отдельных застройщиков новых районов мегаполисов, торговых и деловых центров. Именно здесь зарядные станции закладываются уже на стадии проектирования, и в новом жилом районе появляется место, где можно поставить электромобиль на зарядку. Торговые центры оснащаются зарядками для "имиджа" и привлечения внимания — автоладельцев, которые приедут зарядить автомобиль и на это время отправятся за покупками.

Зарядная инфраструктура во многих странах субсидируется государством, при этом автопроизводители также инвестируют собственные средства в развитие зарядных станций, так как от этого в значительной степени зависит спрос на их продукцию. Сейчас в России реализуется несколько госпрограмм по созданию инфраструктуры электрозаправок: в течение шести лет в Москве и Подмоскovie планируется установить 2260 зарядок, Санкт-Петербурге 29 станций. "Автодор" до 2020 г. планирует установить 70 электрозарядных станций на автотрассах.

Первые зарядные станции, которые устанавливались в России были финские "Энсто". Затем на рынок вышли шведско-швейцарская АBB, французская "Шнейдер-Электрик", немецкая "ABL Сурсум". Ситуация на рынке в 2018 г. изменился — Рязанский приборный завод, входящий в состав "Концерна радиоэлектронные технологии" (КРЭТ) освоил серийное производство как быстрых ("Фора ЭЗС-ДС"), так и обычных ("Фора ЭЗС-АС") зарядных станций, оснащённых с разъёмами для зарядки всех типов электромобилей. "Форы" комплектуются полностью из отечественных компонентов. Зарядные станции российского производства гораздо дешевле, не уступают в качестве зарубежным аналогам. Так, "Фора ЭЗС-АС" стоит 300 тыс. рублей, что в 2—3 раза дешевле зарубежных аналогов. Производственная мощность Рязанского завода до тысячи зарядных станций в месяц. КРЭТ планирует в течение года установить в Москве и области 400 "медленных" и 200 "быстрых" станций.

Кроме Рязанского завода в России производство зарядных станций освоили около десятка стартапов. Ими предлагается широкая номенклатура станций от домашних до ультрабыстрых для установки на магистралях. Ценовой диапазон предлагаемых зарядных установок колеблется от 50 тыс. до 3 млн рублей. С увеличением продаж парка электромобилей зарядная инфраструктура в стране будет создана, как и в других странах в кратчайшие сроки.

Число электромобилей в мире растёт экспоненциально, т.е. их количество увеличивается не "сложением", а "умножением", всё быстрее и быстрее. Массовая продажа электромобилей началась в 2011 году. В мире их уже продано 8 млн экземпляров. Первый миллион электромобилей был продан за 60 месяцев, второй — за 17, третий — за 10, четвертый — за 6, пятый — за 4 месяца [19]. И в России статистика продаж резко идёт вверх. За последние два года парк электромобилей в стране вырос в 2,9 раза. Совсем скоро их число приблизится к критическому порогу, за которым электрозаправки начнут устанавливаться повсеместно. Когда автовладелец будет видеть на обычных маршрутах своего следования заправки — у него появится желание попробовать новую экономию и динамику электромобиля. А чем больше автомобилистов переходят на электричество — тем больше у бизнеса стимулов ставить новые станции. Это автокаталитический процесс, т.е. процесс, ускоряющий себя сам. Практикой установлено: обратно с электромобилей на бензиновый не переходят.

Для частных инвесторов в бизнес на электрозаправках в России есть препятствие законодательного характера — продавать электричество в России могут только электросетевые компании. Нельзя купить электричество у них и перепродать его с наценкой. В "помощь" приходит российская изобретательность, владельцы частных электрозаправок взимают плату условно за "парковочное место рядом с электрозаправкой". Плата взимается по времени подключения к станции, либо "по абонементу", например, продавая право безлимитно заряжаться в течение определённого срока. На законодательном уровне необходимо признать владельцев электрозаправок потребителями электроэнергии, а в общероссийский класси-

фикатор услуг необходимо ввести "Услуги по зарядке электрического транспорта".

Российское правительство в настоящее время ведёт работу по подготовке мер материальной поддержки тех, кто покупает электромобили, и тех, кто строит для них инфраструктуру. В частности, межведомственной комиссией ведётся разработка программы субсидирования, льготного автокредитования и автолизинга. Меры поддержки будут адресованы и производителям электромобилей. Предусматриваются налоговые льготы владельцам торгово-развлекательных центров за оборудование электростанций. Предлагается выделить бюджетным организациям квоты на покупку электротранспорта. Планируется упростить порядок установки устройства ЭРА-ГЛОНАСС на электромобили. Перспективы развития электромобильного транспорта в России будут зависеть от того, насколько эти планы будут выгодны для покупателей, а как будет развиваться инфраструктура для электрокаров.

Подведём итог. Электромобили ввиду своей высокой технологичности, экологичности способствуют сдвигу всей экономики в сторону энергоэффективных, наукоёмких технологий и уже стали вектором развития автомобильной индустрии XXI века. Несмотря на дороговизну, недостаточную развитость инфраструктуры, электрокары по экономичности вплотную приблизились автомобилям на нефтяном топливе, а по эксплуатационным затратам, энергоэффективности, экологичности за жизненный цикл многократно превосходят их. В последнее десятилетие в мире начался интенсивный рост производства и продаж электромобилей. Однако производство электромобилей и их компонентов в России не вписывается в мировой тренд. В России не предусмотрены государственные льготы и субсидии, меры стимулирования покупателей и производителей электротранспорта, слабо развита инфраструктура электротранспорта. Отечественные автозаводы не производят легковых электромобилей, а импорт повышает и так высокую их цену в среднем в 1,5 раза. Отсутствие в стране официальных дилеров, специализированных сервисных станций тоже препятствуют распространению электромобилей. Несмотря на это в 2018—2019 гг. прирост продаж электромобилей в России не уступает мировым, интенсивно создаётся сеть электростанций. В России спрос на электромобили есть, но сегмент требует господдержки. Массовое освоение производства электромобилей и аккумуляторов мировыми концернами, снижение цен на аккумуляторы приведут к радикальным изменениям автомобильного рынка в ближайшие годы. Считаю, что России необходимо срочно принять успешные практики электромобилизации зарубежных стран, чтобы не оказаться на обочине прогресса.

Литература

1. Продажи электромобилей в мире в первом полугодии 2019 выросли на 46 % [Электронный ресурс]. URL: <https://gisprofi.com/gd/documents/prodazhi-elektromobilej-v-mire-v-pervom-polugodii-2019-vyrosli-na-46.html> (дата обращения: 8.10.2019).
2. Электромобили скоро подешевеют [Электронный ресурс]. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/3931157> (дата обращения: 1.10.2019).
3. Шабанов А.В., Ломакин В.В., Шабанов А.А. Характеристики электромобилей и тенденции развития электропривода // Журнал автомобильных инженеров. — 2014. — № 3. — С. 38—43.
4. Чистый и выгодный [Электронный ресурс]. URL: <https://rg.ru/2019/08/27/pochemu-elektromobili-stremitelno-vytesniaiut-obychnye-avto.html> (дата обращения: 2.10.2019).
5. Фасхiev X.A. Электрический привод — будущее автотранспорта. Часть 1 и 2 // Грузовик. — 2019. — № 10. — С. 1—7; № 11. — С. 1—8.
6. Электромобили (мировой рынок) [Электронный ресурс]. URL: <http://www.tadviser.ru/index.php/> (дата обращения: 6.09.2019).
7. Международное энергетическое агентство [Электронный ресурс]. URL: <https://itc.ua/blogs/obshhee-kolichestvo> (дата обращения: 12.04.2019).
8. Рост продаж подержанных электромобилей в России опережает динамику рынка новых [Электронный ресурс]. URL: <https://www.vedomosti.ru/auto/news/2019/01/30/792773-rost-prodazh-elektromobilei> (дата обращения: 2.10.2019).
9. За год рынок электромобилей в России вырос вдвое [Электронный ресурс]. URL: <https://iz.ru/821233/2018-12-07/za-god-rynok-elektromobilei-v-rossii-vyros-vdvoe> (дата обращения: 4.10.2019).
10. В России числится 3,6 тысячи электрокаров [Электронный ресурс]. URL: <https://www.autostat.ru/news/38371> (дата обращения: 26.09.2019).
11. Эксперты рассказали о покупателях электромобилей в России [Электронный ресурс]. URL: <https://iz.ru/822744/2018-12-11/eksperty-rasskazali-o-pokupateliakh-elektromobilei> (дата обращения: 8.06.2019).
12. Доходы населения России [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/> (дата обращения: 27.09.2019).
13. Фасхiev X.A. Автомобильный рынок: на пороге электромобили // Маркетинг в России и за рубежом. — 2019. — № 2. — С. 91—104.
14. Газотурбинные электростанции [Электронный ресурс]. URL: http://www.gigavat.com/pgu_gtes.php (дата обращения: 1.10.2019).
15. Электромобиль в городском режиме езды — пробег, потребление энергии. URL: <https://skysheep.livejournal.com/154997.html> (дата обращения: 18.06.2019).
16. Электромобиль в городском режиме езды — пробег, потребление энергии. URL: <https://skysheep.livejournal.com/154997.html> (дата обращения: 18.06.2019).
17. Российский электромобиль от Zetta будет стоить 450 000 рублей. URL: <https://hi-news.ru/auto/rossijskij-elektromobil-zetta.html> (дата обращения: 28.09.2019).
18. ГОЭЛРО для крупнейшей экономики мира. URL: <https://regnum.ru/news/economy/2568504.html> (дата обращения: 23.12.2019).
19. За полгода в мире продали 1 миллион новых электрокаров. URL: <http://evmode.ru/2018/08/31/za-polgoda-v-mire-prodali-1-million-novyih-elektrokarov/> (дата обращения: 4.10.2019).
20. 29 автопроизводителей инвестируют 300 миллиардов долларов в электромобили. URL: <https://electromobili.ru/novosti/29-mirovykh-avtoproizvoditelej-investiruyut> (дата обращения: 23.12.2019).

За рубежом



УДК 629.33

ПЛАНЫ КИТАЙСКОГО РУКОВОДСТВА ПО ПРЕОДОЛЕНИЮ ПОСЛЕДСТВИЙ ЭПИДЕМИИ КОРОНАВИРУСА И ОТРАСЛЕВОГО СПАДА

Кандидат экон. наук **САЗОНОВ С.Л., ВАН ЦЗИНВЭЙ**
Институт Дальнего Востока РАН
(sazonovch@mail.ru, wjw07@yandex.ru)

Исследуются проблемы китайской автомобильной промышленности, которые возникли три года назад. Самые высокие в истории Китая ежегодные темпы роста объёма

производства и продаж автомобилей на китайском рынке пришли на 2010 г., после чего они резко снизились и с 2011 г. отрасль автомобилестроения стала переживать худшие дни — ежегодные темпы роста объёмов продаж автомобилей в КНР явились самыми низкими за 15 лет, а в 2018 г. темпы роста стали отрицательными. Столь заметное снижение ежегодных темпов роста объёма производства и реализации автомобилей явилось следствием замедления темпов экономического развития страны, окончанием срока действия государственной программы по предоставлению льгот и разного рода преференций покупателям автомобилей, применение мер ограничительного характера при покупке автомобилей с двигателем внутреннего сгорания во многих городах Китая, расширение масштабов развития

такой формы экономики совместного потребления, как каршеринг, торговые противоречия в китайско-американских экономических отношениях и влияние последствий эпидемии COVID-19. Сегодня предприятия автомобильной промышленности Китая на фоне улучшения эпидемиологической ситуации смогли возобновить производство, однако автомобильная промышленность по-прежнему сталкивается с большими трудностями, в частности с проблемой слабого потребительского спроса. Из-за недостаточного рыночного спроса складские запасы предприятий постоянно увеличиваются, что в последующем может привести к банкротству части китайских автопроизводителей.

Ключевые слова: Китай, автомобильная промышленность, объёмы производства и реализации, темпы роста, субсидии, потребительский спрос, складские запасы, автомобили с двигателем внутреннего сгорания, автомобили, использующие альтернативные источники энергии.

Sazonov S.L., Wan Jinwei PLANS OF THE CHINESE LEADERSHIP TO OVERCOME THE CONSEQUENCES OF THE CORONAVIRUS EPIDEMIC AND THE INDUSTRY DOWNTURN

The article explores the problems of the Chinese automobile industry that was formed three years ago. The highest annual growth rate in Chinese car production and sales in the Chinese market in history occurred in 2010, after which it declined sharply and since 2011 the automotive industry has been experiencing its worst days — the annual growth rate of car sales in China was the lowest in 15 years, and in 2018 the growth rate became negative. Such a noticeable decrease in the annual growth rate of production and sales of cars was the result of a slowdown in the country's economic development, the end of the state program to provide benefits and various kinds of preferences to car buyers, the use of restrictive measures when buying cars with internal combustion engines in many cities in China, and the expansion of the development of such a form of shared consumption economy as carsharing, trade contradictions in Sino-American economic relations and the impact of the consequences of the COVID-19 epidemic. Today, the automotive industry in China has been able to resume production against the background of improving epidemiological situation, but the automotive industry still faces great difficulties, in particular with the problem of weak consumer demand. Due to insufficient market demand, the warehouse stocks of enterprises are constantly increasing, which in the future may lead to the bankruptcy of some Chinese automakers.

Keywords: China, automobile industry, production and sales volumes, growth rates, subsidies, consumer demand, inventory, cars with internal combustion engines, cars using alternative energy sources.

В 2018 г. на автомобильном рынке Китая впервые за последние 28 лет произошёл спад производства и реализации автомобилей с двигателем внутреннего сгорания на 4,16 % и 2,76 % до показателя в 27,81 млн ед. и 28,08 млн ед. соответственно, доходы отрасли сократились на 6 % [1]. Объёмы производства и продаж легковых автомобилей равнялись 23,53 и 23,71 млн ед. (по сравнению с предыдущим годом — уменьшение на 5,15 и 4,08 % соответственно). В 2018 г. объёмы производства и продаж грузовых автомобилей составили 4,28 и 4,37 млн ед. (рост по сравнению с 2017 г. на 1,69 и 5,05 % соответственно). По мнению аналитиков Китайской ассоциации автопроизводителей (КААП), этот спад вряд ли изменит свой тренд в ближайшие 2—3 года, а согласно исследованию аналитиков "Пайсуотерхаус Куперс" в 2019 г. треть общих производственных мощностей китайского автопрома простаивала.

Сегодня автомобильная промышленность КНР сталкивается с проблемой затоваренности складов готовой продукцией. Упавшие объёмы продаж в период 2018—2020 г. аналитики

КААП объясняют ухудшением макроэкономической ситуации, умеренным потребительским спросом на внутреннем и внешнем рынках, который оказывает негативное влияние на покупку дорогостоящих товаров с высокой добавленной стоимостью, падением стоимости акций на фондовых рынках, отменой государственных льгот при покупке автомобиля, вспышкой эпидемии COVID-19. По словам Сюй Хайдуна — помощника генерального секретаря КААП — впервые за три десятилетия не предвидится роста объёмов производства автомобилей с ДВС в КНР. Как следует из статистических данных, общая тенденция на спад объёмов производства в автомобилестроительной отрасли страны главным образом не изменилась. В целом объёмы продаж автомобилей с ДВС в Китае в 2019 г. продолжали снижаться, поскольку спрос на крупнейшем автомобильном рынке в мире значительно ослаб. По данным Китайской ассоциации автопроизводителей в 2019 г. было продано около 25,77 млн автомобилей, что оказалось на 8,2 % ниже по сравнению с 2018 г. Напряжённость в китайско-американских торговых отношениях, ужесточение стандартов выбросов и сокращение субсидий для автомобилей, использующих альтернативные источники энергии, (АИАИЭ) в совокупности оказали давление на отрасль. Объём производства автомобилей с ДВС в Китае в 2019 г. составил 25,72 млн ед., что стало на 7,5 % меньше по сравнению с 2018 г., объём продаж легковых автомобилей сократился на 9,6 % до 21,44 млн ед., в то время как объём продаж АИАИЭ снизился на 4 % до 1,15 млн ед. [2]. Согласно данным КААП, индекс складских запасов автомобилей в Китае (рассчитывается для автомобильных дилеров) в 2019 г. по сравнению с 2018 г. вырос на 4,6 п. — он составил 56,5 %, а значение индекса более 50 % свидетельствует о слабом спросе на внутреннем рынке, наличие проблемы с затовариванием продукции на складах и о возможности возникновения риска переизводства (по данным аналитиков КААП, индекс складских запасов автомобилей в Китае оставался выше 50 % в течение 15-и месяцев подряд с начала 2018 г.). В 2019 г. 85 % крупных китайских автомобильных дилеров отмечали, что они не достигли намеченных плановых значений объёмов продаж автомобилей в стране, из них 53,5 % заявили о полученных убытках в период 2018—2019 гг., а 27,1 % объявили об убыточности бизнеса в период 2016—2019 гг. [3].

Согласно заявлению министра промышленности и информационных технологий Мяо Вэя, объём продаж и производства автомобилей в 2020 г., вероятно, составит 24—24,5 млн ед., что явится значительным снижением по сравнению с 2019 г. По словам Мяо, автомобильный сектор Китая сталкивается с хроническими проблемами, такими как низкий уровень научных исследований и отсутствие ключевых технологий. По итогам первого квартала 2020 г. в Китае на фоне вспышки эпидемии, вызванной коронавирусом нового типа COVID-19, было отмечено снижение общего объёма продаж автомобилей — по данным Китайской ассоциации автомобилестроительной промышленности, объём продаж автомобилей, в марте было продано 1,43 млн автомобилей, что на 43,3 % меньше, чем в том же месяце 2019 г., а всего в первом квартале 2020 г. объём продаж автомобилей с ДВС составил 3,67 млн ед. — снижение на 42,4 % по сравнению с аналогичным периодом прошлого года [4]. Объёмы продаж АИАИЭ в Китае также снизились на фоне слабого спроса на отечественные автомобили, глобальной рецессии и усиления конкуренции со стороны зарубежных автопроизводителей. По оценкам экспертов КААП, по мере стабилизации эпидемиологической обстановки в стране, постепенного внедрения стимулирующей политики в ключевых городах Китая во втором квартале 2020 г. ожидается увеличение объёма покупки автомобилей с 390,6 млрд до 802,4 млрд юаней [5].

По мнению аналитиков Министерства транспорта КНР, воздействие эпидемии COVID-19 на экономику Китая будет более значительным, чем во время атипичной пневмонии 2003 г. с более серьёзными последствиями для автомобильной промышленности, которая подвергается серьёзной корректи-

ровке. Эксперты КААП отмечают, что "объём спроса резко снизился, производство автомобилей сталкивается с трудностями, а некоторые автопроизводители среднего размера даже испытывают проблемы нехватки капитала. Объёмы производства автомобилей в провинциях Хубэй, Гуандун и Чжэцзян, являющихся важными производственными центрами автосборки, снижались, а поскольку эти провинции были затронуты эпидемией, то местная сборка автомобилей и поставки автозапчастей по всей стране стали нарушаться". Зарубежные производители автомобилей и автозапчастей, такие как "Хонда", "Ниссан", "Дженерал Моторс" и "Рено", работающие в Ухане, который наиболее пострадал от последствий эпидемии COVID-19 в Китае, в начале 2020 г., сообщали о ежедневном объёме убытков в размере 40 млн юаней (5,69 млн долл.) из-за последствий вспышки эпидемии коронавируса. По их мнению, даже после того, как местное правительство разрешило возобновление производства, иностранным автопроизводителям потребуется не менее полугодия, чтобы восстановить полноценную работу заводов. Являясь одной из основных баз по производству автомобилей в Китае, Ухань является основной производственной базой для ряда автомобильных предприятий, финансируемых японскими, американскими, французскими и немецкими автопроизводителями вместе со своими китайскими партнерами, в частности "Донфен Моторс". Кроме того, более 500 поставщиков автозапчастей также находятся в Ухане. В 2018 г. в городе производилось более 1,7 млн автомобилей в год, в 2019 г. — 2,1 млн (около 9 % общенационального объёма производства автомобилей), а объём промышленного производства составлял более 500 млрд юаней [6]. Однако не ясно, в какой степени глобальная цепочка поставок зарубежных и национальных автопроизводителей была нарушена, но некоторые китайские эксперты отмечают, что негативные последствия для китайского автопрома будут отмечаться в течение всего 2020 г. Например, люки в крыше автомобилей, производимые на заводе "Вебасто" в Ухане (крупнейшем заводе немецкой фирмы в мире) обеспечивают треть всего мирового производства. Завод поставляет эту продукцию ведущим автопроизводителям, включая "Ауди" и БМВ. По сообщению местных СМИ, для уменьшения потенциальных рисков некоторые производители автомобилей перенесли сборочную производственную линию за пределы города Ухань, в то время как другие также предпочитают передавать свои заказы на аутсорсинг (отказ компании от самостоятельного выполнения ряда некритичных для бизнеса функций или частей бизнес-процессов и передача их стороннему подрядчику) [7]. В апреле 2020 г. эксперты КААП сделали прогноз об объёме продаж автомобилей с ДВС в период 2020 г. — по их мнению, он сократится на 2,8–3 % и составит менее 24 млн ед., что будет обусловлено последствиями эпидемии COVID-19, замедлением роста ВВП, глобальной рецессией и продолжающейся напряжённостью в торговых отношениях КНР и США. Объёмы продаж АИИЭ по сравнению с 2019 г., возможно, составят 80–90 % от показателя 2019 г. и сократятся до примерно 1 млн ед., а объём экспорта китайских автомобилей снизится по сравнению с уровнем 2019 г. и составит менее 0,7 млн ед. [8].

В начале февраля 2020 г. ГКРП принял решение о введении субсидий для поддержки рынка продаж отечественных автомобилей. В общем виде новый план направлен на рост внутреннего потребления за счёт увеличения объёмов продаж автомобилей — власти намерены субсидировать покупки небольших грузовиков и легковых автомобилей в сельской местности и в городах 3-го и 4-го уровней, ослабляя ограничения на использование пикапов в крупных городах и стимулируя продажи подержанных автомобилей. (Эксперты банка "Морган Стенли Чайна" полагают, что рост объёма приобретения автомобилей жителями городов третьего и четвёртого уровней превратит их в главный драйвер потребления в следующем десятилетии. Эксперты банка прогнозируют, что потребление в городах более низкого уровня вырастет с 2,3 трлн долл. в 2017 г. до 6,9 трлн долл. в 2030 г. — эти небольшие города могут стать движущей силой рынка Китая для частного

потребления в 11,8 трлн долл. за тот же период. Согласно данным ГСУ КНР, в 2019 г. в городах третьего уровня и ниже проживало 953 млн человек, что намного превышало 427 млн человек в городах первого и второго уровня, а это свидетельствовало о том, что небольшие города имеют огромный неиспользованный потенциал потребления. Ожидается, что небольшие города-спутники в развитых кластерах, таких как дельта реки Янцзы, район Большого залива Гуандун—Сянган—Аомэнь, район Чэнду—Чунцин и регион Пекин—Тяньцзинь—Хэбэй, займут лидирующие позиции на потребительском рынке Китая. Согласно отчёту китайской аналитической компании "Шенвень Хунюань Секьюрити" ежегодно в сельских районах КНР продается около 7 млн легковых автомобилей, что составляет около 20–30 % китайского рынка продаж этих автомобилей, а после вступления в силу пакета субсидий рост объёмов продаж легковых автомобилей в сельской местности увеличился на 4,7 % в 2019 г. после роста на 2,6 % в 2018 г.) Планируется увеличить рост объёма инвестиций в развитие автодорожной сети страны, обеспечить рост объёма капиталовложений в НИОКР в сфере разработки и производства инновационных моделей АИИЭ и новых типов аккумуляторных батарей. Для увеличения объёма продаж автомобилей правительство объявило о ряде мер, таких как запрет местным органам власти вводить какие-либо ограничения на приобретение и использование АИИЭ. Также Госсовет КНР одобрил меры по сокращению государственных сборов и платежей для владельцев автотранспорта — регистрационный сбор за владение гаражом и парковочным местом был снижен с 550 юаней (около 82 долл.) до 80 юаней. Сокращение НДС для предприятий транспортной отрасли с 10 до 9 %, также можно рассматривать в качестве инструмента для увеличения объёмов продаж автомобилей, вошедшего в пакет стимулирующих мер. Китайские и иностранные автопроизводители, большинство из которых пострадали от снижения объёмов реализации автомобилей, приветствовали введение в действие этой меры и с начала 2020 г. понизили цены на свою продукцию в размере 50–80 тыс. юаней [9].

В связи со вспышкой коронавирусной эпидемии COVID-19, которая негативно сказалась на снижении объёмов производства и продаж автомобилей в Китае, в марте 2020 г. правительства различных уровней предприняли ряд мер для нормализации ситуации — по крайней мере, в 21 провинции и городах центрального подчинения были приняты меры по увеличению продаж автомобилей. В марте 2020 г. правительство пров. Шаньси объявило о введении в действие новой политики стимулирования продаж автомобилей — с 1 апреля по 31 декабря 2020 г. за каждую покупку пассажирских транспортных средств длиной 7 м и более или грузовиков грузоподъёмностью 4,5 тонны и более покупатель получает вознаграждение в размере 8 тыс. юаней (1,138 тыс. долл.). Для каждого приобретенного спортивного внедорожника эта сумма составляет 6 тыс. юаней (853 долл.), а для мини-фургонов размером менее 3,5 м или другого коммерческого транспорта — 4 тыс. юаней (569 долл.). Правительство пров. Сычуань приняло решение о том, что с 10 апреля по 10 августа 2020 г. покупатели будут получать субсидию в размере 1 тыс. юаней (142 долл.) за каждый приобретённый грузовой автомобиль местного производства весом менее 3,5 т. или легковой автомобиль с рабочим объёмом двигателя менее 1,6 л. Муниципальное правительство Гуанчжоу предлагает субсидию в размере 10 тыс. юаней (1429 долл.) на покупку АИИЭ до конца декабря 2020 г. Муниципалитет Чанчуня принял решение о выплате в период с 20 марта по 30 июня 2020 г. единовременной субсидии в размере до 5 тыс. юаней (711 долл.) тем автовладельцам, которые продают или утилизируют свою старую машину и приобретают новые, произведённые в городе и зарегистрированные в провинции Цзилинь [10]. В апреле 2020 г. местная администрация города Фошань (провинция Гуандун) объявила о введении нового экономического стимула, согласно которому местное правительство будет предоставлять субсидии в размере от 2 тыс. до 5 тыс. юаней за каждый новый автомобиль, который будет продаваться в городе. Содействие

росту продаж автомобилей является мерой по оживлению потребительского спроса на автомобили — область, которая сильно пострадала от неожиданной вспышки эпидемии коронавируса. Муниципалитеты многих городов Китая также активно включились в работу по предоставлению субсидий при покупке автомобилей, а также увеличили количество выдачи регистрационных знаков при покупке автомобилей. Например, власти г. Нинбо (провинция Чжэцзян) предоставляют субсидию в 5 тыс. юаней при приобретении автомобилей, собранных в провинции и многие города также начали внедрять подобные меры. Например, Гуанчжоу, Сянтан, Чжухай, Наньчан, Чунцин и т.д. Уменьшение ограничений на покупку автомобилей является одной из главных мер для стимулирования спроса. 13 марта 2020 г. ГКРР, Министерство коммерции совместно с другими 21 органами власти опубликовали совместный документ, который поощряет расширение он-лайн продаж автомобилей и увеличение числа квот на номерные знаки автомобилей в тех городах, где проводится политика поощрения покупки машин, и муниципалитеты 15 городов, где прежде были введены жёсткие ограничительные меры по регистрации вновь купленных автомобилей с ДВС, приняли решение об увеличении количества выдаваемых регистрационных знаков. (В 2012 г. в Шанхае была введена строгая система квотирования числа продаж номерных знаков на аукционах — городские власти в 2012 г. определил ежегодную квоту на выдачу новых номерных знаков для частных лиц в 200 тыс. ед., которая к 2014 г. была сокращена до 150 тыс., а в 2015 г. до 100 тыс. новых регистрационных номеров, из которых 15 % продавались только организациям. В марте 2020 г стоимость одного знака превышала 100 тыс. юаней, что составляло примерно стоимость трёх недорогих легковых автомобилей. С целью стимулирования роста объёма продаж автомобилей с ДВС, муниципальные власти Шанхая в апреле 2020 г. приняли решение об увеличении количества продаваемых номерных знаков на 40 тыс. ед. См. *Shanghai issues more license plates to spur auto sales*. URL: http://www.china.org.cn/business/2020-04/24/content_75969966.htm.) В документе также установлено, что с 1 мая 2020 г. до конца 2023 г. при продаже дилерами поддержанных автомобилей налог на добавленную стоимость будет снижен до 0,5 п.п. от объёма продаж [11].

В целях поддержания роста продаж автомобилей, исполнительное заседание Государственного совета КНР 31 марта 2020 г. приняло решение о продлении субсидии и налоговых льгот при покупке АИАИЭ (для электромобилей, гибридных автомобилей и автомобилей на водородных топливных элементах) ещё на два года (срок действия которых должен был истечь в конце 2020 г.), которые будут действовать с 1 января 2021 г. по 31 декабря 2022 г. [12], и в начале апреля 2020 г. шестнадцать городов провинций Чжэцзян, Гуандун, Хунань, Цзянси, а также города Пекин, Шанхай и Шэньчжэнь ввели систему субсидирования при покупке автомобилей. По данным Китайской ассоциации автодилеров (CADA), среди опрошенных 8721 магазина по продаже автомобилей по всей стране 98,8 % из них возобновили свою деятельность в начале апреля 2020 г. [13]. В марте 2020 г. на китайском рынке легковых автомобилей наблюдалось сильное оживление — объём продаж стал демонстрировать рост на фоне победы над эпидемией COVID-19. По данным КААП в марте 2020 г. в стране было реализовано 1,04 млн легковых автомобилей, что в четыре раза превысило февральский показатель, а объём продаж АИАИЭ в марте также вырос в 3 раза по сравнению с февралем, увеличившись на 400 % в месячном исчислении до 56 тыс. ед. [14].

В целях минимизации последствий вспышки коронавируса COVID-19 и стимулирования экономического развития Китая на фоне растущего негативного давления со стороны глобальной рецессии, в марте 2020 г. на заседании Постоянного комитета Политбюро ЦК КПК было принято решение об ускорении развития "новой инфраструктуры", которая в отличие от традиционной транспортной инфраструктуры создаёт ключевые предпосылки для развития цифровой трансформа-

ции, интеллектуального обновления и инновационное развития и разделяется на три категории: информационная инфраструктура, поддерживающая научные исследования и инновационные разработки, обеспечивающие преодоление ограничений и устранение неэффективности независимой разрозненной структуры системы хранения данных и вычислительных ресурсов в традиционной ИТ-инфраструктуре; конвергентная инфраструктура, обеспечивающая расширение внедрения технологий систем мобильной связи 5G и 6G, Интернета вещей, промышленного и спутникового Интернета, облачных вычислений, "Больших данных", технологий блокчейн и искусственного интеллекта; и инновационная инфраструктура, стимулирующая развитие центров обработки данных, интеллектуальных вычислительных центров, создание "интеллектуальных" транспортных средств и "интеллектуальной" транспортной инфраструктуры. В апреле 2020 г. ГКРР принял решение об инвестировании в период 2020 г. дополнительно более 1 трлн юаней (141 млрд долл.) в "новые инфраструктурные проекты" в области разработки зарядных устройств для АИАИЭ, строительства базовых станций мобильной связи формата 5G, крупных дата-центров, развития искусственного интеллекта, облачных вычислений и промышленного Интернета [15].

Литература

1. Industrial Enterprises' Profit and Growth by Business Type. URL: http://www.bjreview.com.cn/Business/201901/t20190118_800154576.html (дата обращения: 20.01.2019).
2. Cao Yingying. China sales forecast slashed for 2020 amid virus concern. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/202003/02/WS5e5c460ba31012821727b678.html> (дата обращения: 03.03.2020).
3. Cao Yingying. Dealers dealt blow in depressed auto market. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/202004/06/WS5cfcfb895a3104842260ba081.html> (дата обращения: 06.04.2020).
4. Li Fusheng. Sales predictably slide in Q1, but set to rebound soon. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/202004/13/WS5e93cfeba3105d50a3d15b8e.html> (дата обращения: 14.04.2020).
5. Zhao Shiyue. Policies released to stimulate auto market recovery. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/202003/30/WS5e81b08ba31012821728312b.html> (дата обращения: 30.03.2020).
6. Li Fusheng. Sales to take a further hit as result of virus. URL: http://www.chinadaily.com.cn/a/202002/17/WS5e49fb72a310128217278056_2.html (дата обращения: 17.02.2020).
7. Yin Yeping. China's Q1 car sales to drop 60 % due to factory closures. URL: <https://www.globaltimes.cn/content/1180602.shtml> (Source: Global Times Published: 2020/2/24) (дата обращения: 25.02.2020).
8. Cheng Yu. Ma Si. China eyes measures to lift NEV demand. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/202004/24/WS5ea2319ca3105d50a3d187ae.html> (дата обращения: 25.04.2020); He Wei. New energy car sales likely to hit 80 %-90 % of 2019 level. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/202004/23/WS5ea15c03a3105d50a3d1864f.html> (дата обращения: 26.04.2020)..
9. Li Xiaoyang. Injecting Impetus. China continues to drive up consumption to boost the economy. URL: http://www.bjreview.com/Business/202002/t20200222_800157545.html (дата обращения: 23.02.2020).
10. Wang Jun. New policies rolled out to rev up sales in pillar auto industry. URL: http://www.bjreview.com/Business/202004/t20200419_800201419.html (дата обращения: 20.04.2020).
11. Chen Jia. New measures planned to boost vehicle sales. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/202004/22/WS5ea059d3a3105d50a3d181e9.html> (дата обращения: 23.04.2020).
12. China extends new-energy vehicle tax exemptions by two years. URL: http://www.china.org.cn/business/2020-04/22/content_75964059.htm (дата обращения: 22.04.2020).
13. China's automobile dealers quicken pace to resume work. URL: http://www.china.org.cn/business/2020-04/06/content_75898809.htm (дата обращения: 06.04.2020).
14. Jing Shuiyu, Li Fusheng. Automobile industry back on healthy track. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/202004/10/WS5e8fbad3a3105d50a3d1525c.html> (дата обращения: 11.04.2020).
15. Li Xiaoyang. New infrastructure projects expected to boost economy. URL: http://www.bjreview.com/Business/202004/t20200422_800201690.html (дата обращения: 22.04.2020).

Содержание

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

- Валиева Е.Г., Касьянов С.В. — Информационно-технологическое сопровождение для управления качеством сложных поковок по требованиям IATF 16949 . . . 1
- АСМ - факты 4

КОНСТРУКЦИИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

- Лебедев А.Е., Лебедев Д.В., Сибрина Т.М., Иродов В.В. — Экспресс-метод расчёта ускорения автомобиля с использованием общего уравнения динамики 6
- Балакина Е.В., Задворнов В.Н., Березовский М.С., Блажинский В.Р., Коньшин А.А., Юсупкина А.С. — Исследования коэффициентов жёсткости шин. Коэффициент радиальной жёсткости 7
- Мамити Г.И., Лянов М.С., Ким В.А., Абаев А.Х., Агузаров Т.Т., Умирзоков А.М., Сланов С.А. — Ошибочные выводы теории автомобиля 11
- Коптилов В.И. — Механизм образования движущей силы автомобиля 13

ЭКСПЛУАТАЦИЯ. ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС АТС

- Гончаренко С.В., Годжаев З.А., Артёмов А.В., Прыдкин В.И., Годжаев Т.З. — Упругие характеристики шины сверхнизкого давления. Вертикальные нагрузки 18
- Коваленко Н.А., Геращенко В.В., Лобач В.П., Сазонов И.С. — Цифровая измерительная система для стенда диагностики тяговых качеств автомобилей 22

ТЕХНОЛОГИЯ, ОБОРУДОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЫ

- Шайкемелов А.А. — Валидация потенциального поставщика автокомпонентов 26

ИНФОРМАЦИЯ

- Фасхиев Х.А. — Рынок электромобилей в России . . . 31
- За рубежом
- Сазонов С.Л., Ван Цзиньэй — Планы китайского руководства по преодолению последствий эпидемии коронавируса и отраслевого спада 36

Главный редактор Н.А. ПУГИН

Зам. главного редактора Р.В. Козырев

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

- Балабин И.В. — д-р техн. наук, профессор МГТУ имени Н.Э. Баумана
- Бахмутов С.В. — д-р техн. наук, зам. директора по научной работе ГНЦ "НАМИ"
- Гируцкий О.И. — д-р техн. наук, профессор, зам. председателя Экспертного совета НАМИ
- Гладков В.И. — канд. техн. наук, зам. генерального директора по научной работе ОАО "НИИТавтопром"
- Ковригин А.С. — зам. генерального директора ОАО "АСМ-холдинг"
- Комаров В.В. — канд. техн. наук, зам. генерального директора ОАО "НИИАТ" по научной работе
- Коровкин И.А. — канд. экон. наук, исполнительный директор НП "ОАР"
- Котиев Г.О. — д-р техн. наук, профессор МГТУ имени Н.Э. Баумана
- Круглов С.М. — зам. генерального директора ОАО "НИИТавтопром"
- Ксенович Т.И. — канд. физ.-мат. наук, МГТУ имени Н.Э. Баумана, НИЦ "Русаен"
- Мамити Г.И. — д-р техн. наук, профессор Горского Агроуниверситета (Владикавказ)
- Марков В.А. — д-р техн. наук, профессор МГТУ имени Н.Э. Баумана
- Сорокин Н.Т. — д-р экон. наук, директор ФГБНУ ВНИМС ФАНО России
- Тер-Мкртчян Г.Г. — д-р техн. наук, ГНЦ "НАМИ"
- Титков А.И. — канд. техн. наук, эксперт аналитического центра ОАО "АСМ-холдинг"
- Топалиди В.А. — канд. техн. наук, ТАДИ
- Филимонов В.Н. — ответственный секретарь "АП"

Белорусский редакционный совет:

- Альгин В.Б. — д-р техн. наук, профессор, заместитель директора по научной работе ОИМ НАН Беларуси
- Егоров А.Н. — генеральный конструктор — начальник НТЦ ПО "БелАЗ"
- Захарик А.М. — канд. техн. наук, технический директор РУП "МАЗ"
- Кухаренок Г.М. — д-р техн. наук, профессор БНТУ
- Маринов П.Л. — д-р техн. наук, директор НТЦ "Карьерная техника" ОИМ НАН Беларуси
- Николаев Ю.И. — главный конструктор ОАО "МЗКТ"
- Сазонов И.С. — д-р техн. наук, проф., ректор Белорусско-Российского университета (Могилёв)
- Харитончик С.В. — д-р техн. наук, доцент БНТУ (Минск)

Информационный партнёр АНО "НИЦ "Русаен"

Технический редактор Шацкая Т.А.

Корректор Сажина Л.И.

Сдано в набор 09.06.2020. Подписано в печать 3.08.2020.

Формат 60×88 1/8. Усл. печ. л. 4,9. Бумага офсетная.

Отпечатано в ООО "Канцлер".

150008, г. Ярославль, ул. Клубная, д. 4, кв. 49.

Оригинал-макет: ООО "Авансед солюшнз".

119071, г. Москва, Ленинский пр-т, д. 19, стр. 1. Сайт: www.aov.ru

ООО "Издательство "Инновационное машиностроение"

Адрес издательства и редакции: 107076, Москва, Колодезный пер., 2а, стр. 2

Телефоны: (915) 412-52-56 и (499) 269-54-98; (495) 785-60-69 (реклама и реализация)

E-mail: avtoprom-atd@mail.ru

www.mashin.ru

Журнал зарегистрирован Министерством РФ по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций.

Свидетельство ПИ № 77-7184

Цена свободная.

Журнал рекомендован ВАК РФ для публикации трудов соискателей ученых степеней, входит в международную базу данных "Chemical Abstracts".

За содержание рекламных объявлений ответственность несет рекламодатель.

Перепечатка материалов из журнала "Автомобильная промышленность" возможна при обязательном письменном согласовании с редакцией; ссылка — обязательна.